

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повне найменування інституту, факультету)

КАФЕДРА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КЕРАМІКИ ТА СКЛА

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ **Б.Ю. Корнілович**
(підпис) (ініціали, прізвище)

«____» _____ 2018 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія»
(код та назва спеціальності)

за спеціалізацією «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів»

**на тему: «Виготовлення керамічної плитки: оптимізація реологічних
характеристик шлікерів»**

Виконав: студент 6 курсу, групи ХМ-71мп

Ткаченко Владислав Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Керівник: асистент, к.х.н. Пилипенко І.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультанти:

Автоматизація виробництва асистент Бородин В.І.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Охорона праці доцент, к.т.н. Полукаров Ю.О.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Економічна частина доцент, к.е.н. Тюленєва Ю.В.

(назва розділу)

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Студент _____
(підпис)

Київ - 2018 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повне факультету)

КАФЕДРА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КЕРАМІКИ ТА СКЛА

(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

за **освітньо-професійною** програмою

Спеціальність – 161 «Хімічні технології та інженерія»

Спеціалізація – «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Б.Ю. Корнілович
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Ткаченку Владиславу Андрійовичу

1. Тема дисертації «Виготовлення керамічної плитки: оптимізація реологічних характеристик шлікерів»

науковий керівник дисертації асистент, к.х.н. Пилипенко І.В.

затверджені наказом по університету від «07» листопада 2018 р. № 4099-с

2. Термін подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження дільниця заводу з виготовлення керамічної плитки для підлоги.

4. Предмет дослідження – вплив реагентів різної природи на реологічні властивості шлікеру та їх впровадження в виробництво для зниження енергозатрат

5. Перелік завдань, які потрібно розробити _____

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу _____

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Тюленєва Ю. В., доцент		
	Полукаров Ю. О., доцент		
	Бородін В. І., асистент		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація викладена на 130 сторінках, містить 8 рисунків, 43 таблиць, 1 додаток, 41 літературних джерел та 8 креслень.

Мета роботи – проектування ділянки заводу з виготовлення керамічної плитки для підлоги продуктивністю 1,5 млн м² на рік.

Об'єкт розроблення – ділянка заводу з виготовлення керамічної плитки для підлоги.

Предмет дослідження – вплив реагентів різної природи на реологічні властивості шлікеру та їх впровадження в виробництво для зниження енергозатрат.

В проекті підібрано та розраховано сировинні компоненти маси, технологічне устаткування. Представлений матеріальний баланс виробництва та тепловий баланс роликової печі.

Розглянуто основні питання з охорони праці та техніки безпеки, проведено автоматизацію процесу випалу плитки та розроблено стартап проект.

КЕРАМІЧНА ПЛИТКА ДЛЯ ПІДЛОГИ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, НАПІВСУХЕ ПРЕСУВАННЯ, ПОВЕРХНЕВО АКТИВНІ РЕЧОВИНИ, РОЛИКОВА ПІЧ, ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС.

ABSTRACT

Thesis project is set out to 130 pages, including 8 figure, 43 tables, 1 application, 41 references and 8 drawings.

Object of the research: plant of manufacturing ceramic floor tiles.

The purpose of the work: the plant design of manufacturing ceramic floor tiles with efficiency of 1.5 million square meters per a year.

Subject of study: the influence of reagents of different nature on the rheological properties of the ceramic slips and their introduction into production to reduce energy consumption.

The mass of the raw material components, technological equipment were selected and calculated in the project. The material balance of production and the thermal balance of the roller kiln were presented.

The main issues of labour health protection and safety rules have been considered, the process of firing tiles is automatized and a startup project has been developed.

CERAMIC FLOOR TILES, TECHNICAL SCHEME, MATERIAL BALANCE, SEMI-DRY MOLDING, SURFACE ACTIVE SUBSTANCES, ROLLER KILN, THERMAL BALANCE.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Сучасний стан виробництва керамічної плитки для підлоги	10
1.2. Огляд існуючих технологій та методів виготовлення продукції	13
Висновки до розділу 1	21
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	22
2.1 Вибір та обґрунтування точки будівництва заводу	22
2.2 Асортимент та вимоги діючих стандартів до продукції	25
2.3 Характеристика сировини, допоміжних матеріалів, енергоносіїв	28
2.4 Обґрунтування вибору технологічної схеми та способу виробництва .	31
2.4.1 Опис технологічної схеми виробництва. Теоретичні основи фізико-хімічних процесів	33
2.5 Матеріальний баланс виробництва	46
2.5.1 Вибір та розрахунки кількості основного технологічного обладнання	55
2.6 Розрахунок основного тепло-технологічного агрегату	62
2.6.1 Розрахунок основних розмірів роликової печі	62
2.6.3 Розрахунок теплового балансу роликової печі	64
2.7 Генеральний план підприємства	77
Висновки до розділу 2	80
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИПАЛУ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ	81
3.1 Аналіз технологічного процесу випалу як об'єкту контролю та автоматизації	81
3.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу випалу керамічної глазурованої плитки для підлоги	83
Висновки до розділу 3	85
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	86
4.1 Охорона праці	86
4.1.1 Виявлення та аналіз шкідливих небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці.	86

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	93
4.2.1 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання ...	93
4.2.2 Пожежна безпека.....	95
4.2.3 Аналіз небезпеки об'єкта, що проектується.....	97
Висновки до розділу 4	98
5 СТАРТАП ПРОЕКТ	99
5.1 Резюме: конкретизація бізнес-ідеї, мети стартапу, об'єкту дослідження, місця розробки у інноваційному ланцюжку цінностей.....	99
5.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу	102
5.3 Визначення ключових факторів успіху	104
5.4 Визначення потенційних споживачів	106
5.5 Ціна інноваційної пропозиції на ринку.....	111
5.6 Аналіз джерел фінансування стартапу.....	118
5.7 Розрахунок економічної доцільності впровадження стартап проекту у виробництво.....	120
5.8 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес-процесів реалізації проекту	121
5.9 Оцінка ризиків та страхування розробки	123
ВИСНОВКИ.....	125
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	127

ВСТУП

Керамічна плитка – будівельний матеріал, який впродовж багатьох тисячоліть використовується людством і в наш час не тільки не втрачає своєї популярності, а й продовжує вдосконалюватись з року в рік.

Одним з найбільш популярних товарів на ринку і дуже важливим матеріалом при будівництві та ремонтних роботах завжди залишається глазурована керамічна плитка. Вона так як і раніше залишається найбільш практичним способом створення довговічної та привабливої поверхні, не дивлячись на появу багатьох новітніх матеріалів.

Таку популярність керамічна плитка як облицювальний матеріал отримала не дарма, адже її використовують для настилання підлоги не тільки в житлово-побутових, а й в промислових, суспільно-культурних приміщеннях, де вимагається високі вимоги до чистоти, де можливий вплив жирів, хімічних речовин, де підлога піддається механічному навантаженню у вигляді стиранню. Крім того, як футерувальний матеріал для хімічної апаратури та сховищ кислот використовують саме керамічну плитку для підлоги, завдяки своїй хімічній стійкості.

Сучасне виробництво керамічної плитки ґрунтується на використанні природних сировинних матеріалів – до них відносяться різноманітні види глини з додаванням кварцового піску, шпатів та інших додаткових компонентів. Основним технологічним процес у виробництві плитки завжди залишається випал. [7].

Теперішнє виробництво принципово не змінилося – технологія залишилася колишньою. Змін зазнали тільки інструменти та обладнання. Постійно вдосконалюється методи підготовки сировини та її обробка завдяки науковій діяльності вітчизняних та закордонних вчених, розширюється сировинна база, внаслідок чого збільшується асортимент продукції та покращується її якість.

Динаміка сучасного виробництва керамічної плитки визначається складними техніко-економічними умовами роботи підприємств. Необхідність збільшення об'ємів виробництва, збереження і розширення ринку збуту продукції в умовах тривалої економічної кризи, тенденції зростання вартості всіх видів ресурсів (сировинних, енергетичних, трудових) вимагають постійного пошуку шляхів зниження витрат виробництва.

Одним з найбільш енергозатратним етапом виробництва керамічної плитки є приготування прес-порошку. Для його отримання готують керамічний шлікер методом мокрого помолу з використанням достатньо великої кількості води для повноцінного помолу і перемішування сировинних матеріалів. Тому питання пошуку шляхів зниження вологості шлікерів на сьогоднішній день є актуальним.

Це питання вирішують за допомогою використання спеціальних хімічних добавок – дефлокулянтів, які дають змогу знижувати вологість шлікерів, зберігаючи необхідні реологічні властивості.

Тому метою даної роботи є пошук та дослідження впливу різних реагентів на реологічні властивості шлікерів, що використовуються у виробництві керамічних плиток для підлоги.

Також в рамках даного проекту виконано проектування заводу з виробництва глазурованої керамічної плитки для підлоги, з використанням матеріалів та обладнання, яке дозволить випускати високоякісну продукцію, яка відповідатиме міжнародним стандартам.

Згідно зі завданням даного проекту завод буде виготовляти керамічну плитку напівсухого пресування відповідно до ДСТУ Б В.2.7-282:2011 «Плитки керамічні. Технічні умови»[1]. Дана продукція матиме такі характеристики: розмір 300×300×8 мм. За якістю плитки ділитимуться на 3 сорти.

Відхилення від розмірів не повинні перевищувати: $\pm 1,5$ мм за довжиною та шириною; $\pm 0,5$ мм за товщиною.

1 ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Сучасний стан виробництва керамічної плитки для підлоги

Провідними країнами в області виробництва керамічних плиток у світі є Італія, Іспанія, Китай, Польща, Німеччина. На Італію припадає понад 25% загального експорту керамічної плитки в світі, а загальне виробництво керамічної плитки перевищує 440 млн м².

Кількість імпортової продукції на ринку України в цілому знизилася і сьогодні складає близько 60%. Збільшення частки плитки українських виробників на вітчизняному ринку сприяло насамперед два фактори. По-перше, наші виробники шляхом неповної модернізації спромоглися підвищити якість продукту. По-друге, через падіння курсу національної валюти та купівельної спроможності населення почало більше орієнтуватись на дешеву вітчизняну плитку у порівнянні з закордонною.

За даними Української асоціації кераміки, безперечним лідером в Україні імпортером плитки у 2017 році були Польща – 44,5% та Італія – 18%. Частка Іспанії – 12,4%, Китаю – 12,0%, Росії – 8,4% та інші. Довгий період лідирували виробники Італії та Іспанії, але у зв'язку з появою на ринку дешевшої польської та китайської плитки то відповідно ці виробники стали більш привабливими для українського споживача [6].

В Білорусі та Росії діють потужні заводи які обладнанні сучасними технологічними лініями тому очевидно, що на ринок України вже більше надходить білоруська плитка, яка серед експортерів впевнено виходить на друге місце, витіснивши при цьому італійців та іспанців.

За даними Державної фіскальної служби, російський напрямок за останні два роки став значно скромніший, хоча Росія залишається головним закордонним ринком збуту української плитки (65%).

Провівши аналіз цільового ринку, тобто, ринок кераміки в Україні, прогнозується подальше збільшення об'ємів національного виробництва і зниження відсотку імпортного впливу. Проте відсоток закордонної продукції

залишається як і раніше досить високий. Це обумовлюється тим, що українська плитка витримує конкуренцію лише в дешевому і середньому ціновому сегментах, залишаючи італійським, польським та іспанським виробникам нішу високовартісної плитки.

Рівень економічного розвитку країни та в цілому рівень життя населення можуть бути відображенні в рівні розвитку будівництва. Так, період спаду та кризи в економіці перш за все відчувається у області будівництва, оскільки швидкість зменшення його обсягів один з найбільших у порівнянні з іншими галузями народного господарства. Найбільший обсяг споживання керамічної плитки за останні 10 років спостерігався у 2008 році та склав близько 60 млн.м². Світова економічна криза 2008-2010 рр. критично вплинула на обсяги споживання і багато будівництв так і не було реалізовано. Так у 2009 році відбулось різке падіння ринку на 30% – до 42 млн.м² [5,6].

Тому, враховуючи вище висвітленні дані, можливо дійти до логічного висновку, що різке підвищення цін під впливом економічної кризи різко скоротило попит населення на керамічну плитку та будівельні матеріали в цілому. Але у 2010 році можна було спостерігати зріст споживання, що склав близько 45 млн.м², що було на 7% вище минулого року. Більшість виробників тримали надію та прогнозували стабільний ріст споживання у зв'язку з підготовкою країни до євротурніру 2012 року. Але з початку 2013 року ринок керамічної плитки для підлоги в Україні почав знову падати й досягнув свого мінімального піка у 2015 році – 33 млн.м², що було майже вдвічі менше ніж в часи світової економічної кризи.

Якщо аналізувати ринок керамічної плитки України з точки зору пропозиції то, за даними Всеукраїнської спілки виробників будматеріалів, ще з 2007 року спостерігалось підвищення об'ємів виробництва близько на 15% щорічно. Максимальний обсяг було виявлено у 2012 році та склав 62 млн.м², що у свою чергу більше ніж вдвічі у порівнянні з 2007 роком. Такий стабільний ріст виробництва був спровокований введенням в експлуатацію

нових виробничих потужностей, що дало можливість виготовляти більше продукції.

В період 2012-2016рр. відбувалось падіння виробництва, що пояснюється складними ринковими факторами. Найменше плитки було виготовлено у 2015 році – 44млн.м², що відповідає стану виробництва 2009 року та на 37% менше у порівнянні з 2012 роком. Таке різке падіння пояснюється не лише з падінням внутрішнього ринку, але і з падінням експорту.

У 2017 році виробнича ситуація потроху почала покращуватись та стала на відмітці 52млн.м², що на 8млн.м² вище тогорічних показників. Це звісно є оптимістичним показником, але на даний момент все одно є досить низьким, порівнюючи з найкращими роками виробництва у 2011-2012рр.

На початку серпня 2018 року Державна служба геології та надр України провела перші аукціони з видачі спеціальних дозволів на розробку родовищ корисних копалин. Найближчим часом на торги виставлять ще понад 160 рудників, розвіданих ще в радянські часи. Найбільшим потенціалом, на думку експертів, мають поклади глини, з якої виробляють керамічну плитку [5].

Велика частина видобутої в Україні глини йде на експорт у вигляді сировини. У минулому році валютна виручка від продажу глини за кордон склала близько \$160 млн. Якість наших копалин відмінно підходить провідним виробникам плитки в Іспанії і Італії. А ціна – поза всякою конкуренцією. В результаті, складається парадоксальна ситуація. В період з 2012 по 2016 рік з України було експортовано 20 млн т глини. Це еквівалентно 412 млн м² плитки. Для порівняння за той же період всередині країни було вироблено всього близько 250 млн м².

1.2. Огляд існуючих технологій та методів виготовлення продукції

Керамічна плитка являється основною частиною оздоблювальних матеріалів, при виробництві яких спостерігаються високі показники енергетичних витрат на процеси підготовки керамічних мас, пресування, сушку та випал. Разом з тим важливе завдання сучасного розвитку українських технологій є зменшення затрат енергоносіїв, для виробництва одиниці продукту. Для цього об'єднують процес сушки та випалу в технологіях виробництва окремих видів будівельної кераміки. Хоча в результаті готові вироби в цілому відповідають нормативним показникам, але зменшується морозостійкість продукції [3].

Характеристики керамічних виробів мають бути повністю підлягати нормативним показникам. За критерієм зниження енерговитрат, треба оптимізувати параметри теплової обробки. При застосуванні баштової розпилювальної сушарки, була заснована технологія, яка відповідає цим умовам, для зневоднення шлікера та для отримання заданої вологості керамічного порошку, а також поточних автоматизованих конвеєрних ліній, що забезпечують високу продуктивність і якість виробів.

Застосування раніше чинної технології полягала в зневодненні глиняної суспензії на фільтрпресах, сушці маси в барабанних або тунельних сушарках, помелу її в бігунах і просіювання порошку на ситах. Для сушки основними агрегатами використовували камерні, конвеєрні та тунельні сушарки. Для обслуговування таких видів сушарок необхідно багато ручної праці, а саме укладання плиток на сушильні вагонетки або на полиці вертикального сушильного конвеєра, а також ручні процеси при розвантаженні вагонеток або конвеєра після сушки. Випал, що проводився найчастіше в тунельних печах, був пов'язаний з важкої ручною роботою із завантаження та розвантаження пічних вагонеток. Тривалість сушіння і випалу досягали до 3 діб, а енергетичні витрати становили чи не половину всіх витрат на

виробництво плиток. Крім того, втрати від браку при сушінні та випалу досягали 15% собівартості готової продукції [4].

Сучасні технології керамічних плиток, що створюються міжнародними та національними корпораціями, орієнтуються на подолання цих недоліків. Зокрема величезний інтерес представляють концепції реалізовані фірмою SAGMI (Італія), які вже використовують потужні українські виробники такі як «Харківський плитковий завод» та «АТЕМ».

Процес виготовлення керамічної плитки для підлоги складається з одного технологічного циклу, який охоплює кілька фаз виробництва: виготовлення напівфабрикатів (прес-порошок, глазур, ангоб, мастика); пресування; сушка; глазурування та декорування; випал; сортування та пакування; транспортування і зберігання. Впровадження нової технології скоротило тривалість основних енерговитратних операцій: процес підготовки прес-порошку з 8-12 годин (за традиційною технологією) до 2-3 хвилин, процес сушіння та випалу з двох-трьох діб до 1,5 години. При чому є можливість отримання виробів високої якості [4].

Виробництво керамічної плитки за новітньою технологією підготовки прес-порошку та випалу напівфабрикатів все одно залишається достатньо енергозатратним виробництвом. За словами представників компанії «АТЕМ» на даний момент спостерігається криза надвиробництва та зниження рентабельності внаслідок подорожчання цін на природний газ, що у свою чергу в структурі розрахованої собівартості становить близько 35% [5].

Динаміка розвитку виробництва може спостерігатись при постійному вдосконаленні технологічного процесу та при корегуванні складу сировини на різних стадіях виробництва. Так при виробництві керамічної плитки з використанням методу напівсухого пресування готовий шлікер надходить до баштово-розпилювальної сушарки з вологістю в середньому 48-52%. Це зумовлено технологією приготування концентрованих суспензій методом роздільного або спільного мокрого помолу вихідних сировинних матеріалів.

При цьому водні суспензії повинні бути досить рухливими та стабільними протягом певного часу.

Одним з перспективних напрямків удосконалення технології підготовки шлікеру для виготовлення керамічної плитки для підлоги, реальних шляхів економії витрат і ресурсів є застосування функціональних хімічних добавок. Ці добавки, що будуть далі застосовуватись, повинні в першу чергу знижувати в'язкість шлікеру, а також позитивно впливати на такі реологічні властивості як текучість та коефіцієнт загущення. При цьому шлікери повинні бути стабільними протягом певного часу, що є необхідною умовою для нормального виконання всього технологічного процесу.

Тому метою даної магістерської дисертації стало вивчення впливу дефлокулянтів різної природи на реологічні властивості глинистої суспензії та вибору оптимального для подальшого його застосування.

На таких виробництвах як «АТЕМ» та «Харківський плитковий завод» у якості понижувачів в'язкості переважно застосовують комплекси на основі соди, поліакрілатів натрію та рідкого скла. Однак застосування відомих модифікаторів здебільшого не дає потрібних результатів та пов'язане з певними труднощами: висока вартість компонентів, трудомістка технологія їх отримання і головна проблема – недостатня ефективність в дисперсних системах.

В якості знижувачів в'язкості керамічних шлікерів використовуються різні неорганічні та органічні, в тому числі полімерні сполуки, а також суміші на їх основі.

В рамках досліджень [8] було розглянуто вплив таких речовин як триполіфосфат натрію (ТПФН), фосфонат натрію та поліакрілат натрію. Для виготовлення шлікеру використовувались глини Веселовського родовища, каолін глуховецький та польовий шпат. Шлікер готували методом мокрого помелу. В'язкість шлікеру в градусах Енглера ($^{\circ}\text{E}$) і коефіцієнт загущення (K_3) оцінювали по швидкості витікання з воронки віскозиметра Енглера після 30 с і 30 хв витримки. На першому етапі досліджень використовувались

зразки шлікеру з вологістю 35%. Добавки вводили в склад зразків в кількості 0,1-0,8% в перерахунку від маси сухої сировини. Результати першого етапу досліджень зображенні на рис.1.1 та рис.1.2.

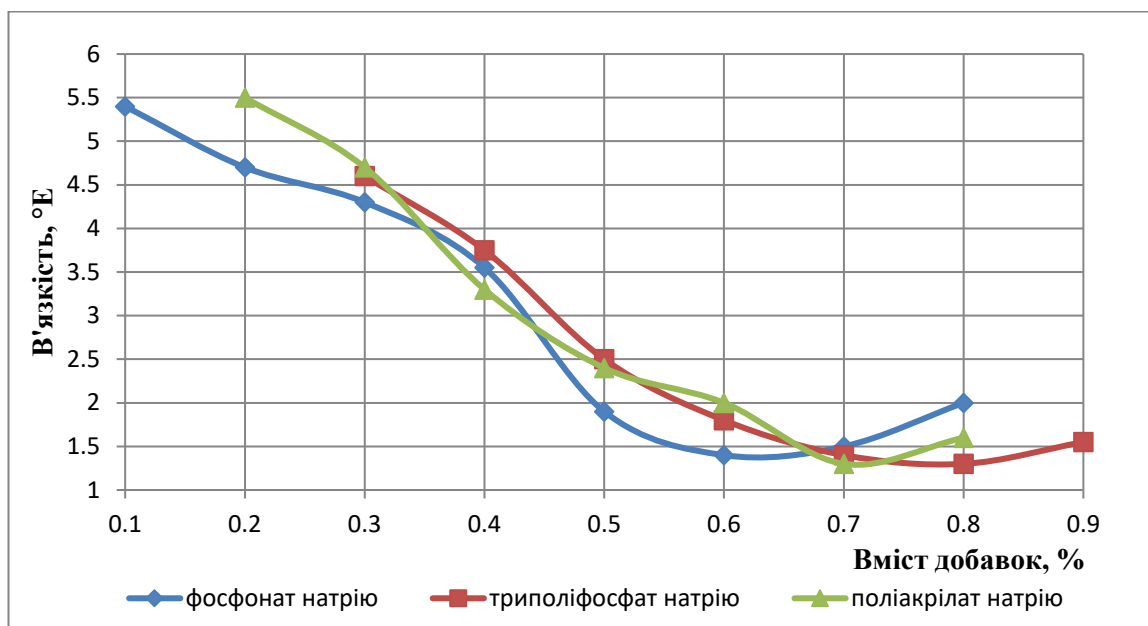


Рис.1.1 – Залежність в'язкості шлікеру (з вологістю 35%) від виду і кількості введеної добавки (за даними роботи [8])

На рис.1.1 видно, що при збільшенні кількості доданого ТПФН від 0,1 до 0,7%, фосфонату натрію від 0,1 до 0,6% і поліакрілату натрію від 0,1 до 0,7% відбувається зниження в'язкості шлікеру. Мінімальне значення в'язкості шлікеру 1,4 – 1,6°Е у вигляді горизонтальних майданчиків спостерігається при вмісті добавок в межах 0,7-0,9% ТПФН, 0,6-0,7% фосфонату натрію і 0,7-0,8% ПАН. При подальшому додаванні добавок характерна тенденція підвищення в'язкості.

На рис.1.2 наведена залежність зміни коефіцієнту загущення від вмісту вище перерахованих дефлокулянтів. З рис.1.2 видно, що при збільшенні кількості ТПФН від 0,1 до 0,5%, фосфонату натрію від 0,1 до 0,25% і ПАН від 0,1 до 0,45% відбувається зниження коефіцієнту загущення шлікеру. Мінімальні значення Кз шлікеру рівні 1.4-1.6, у вигляді горизонтальних площадок спостерігаються при вмісті добавок в межах 0,5-0,7% ТПФН, 0,25-

0,75% фосфонату натрію і 0,45-0,65% ПАН. При подальшому збільшенні вмісту добавок коефіцієнт загущення знову зростає.

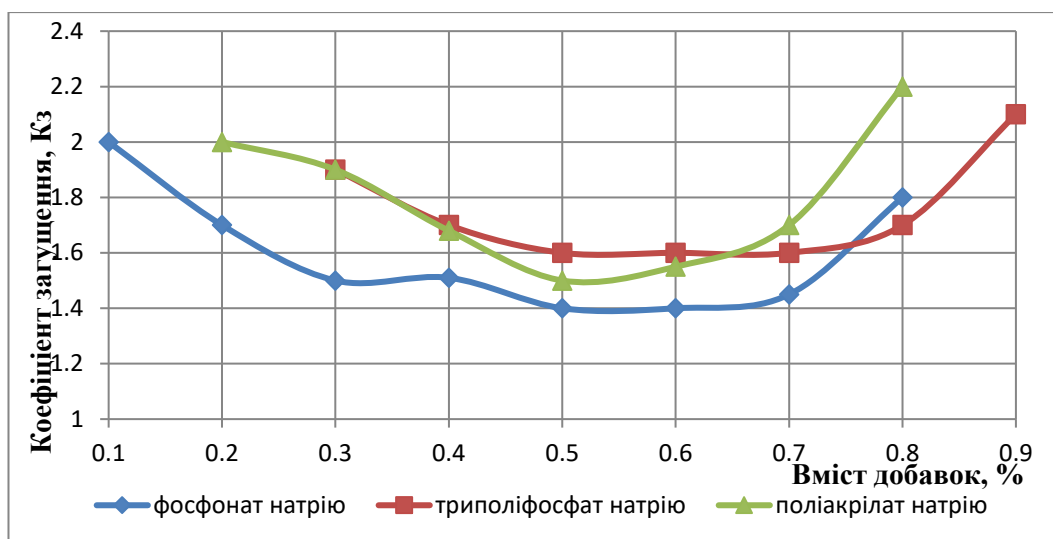


Рис.1.2 – Залежність коефіцієнту загущення шлікеру від виду і кількості введеної добавки (за даними роботи [8])

На другому етапі дослідження було приготовлено зразки шлікеру з вологістю 33%. Результати зображені на рис.1.3 та рис.1.4.

З порівняння рис.1.1 і рис.1.3 видно, що характер кривих в'язкості та інтервали вмісту добавок, при яких спостерігаються мінімальні значення в'язкості у вигляді горизонтальних площадок, практично не змінилися, проте величина мінімальних значень в'язкості підвищилася з 1,4-1,6[°]Е для шлікера вологістю 35 % до 1,6-1,8[°]Е для шлікера вологістю 33%.

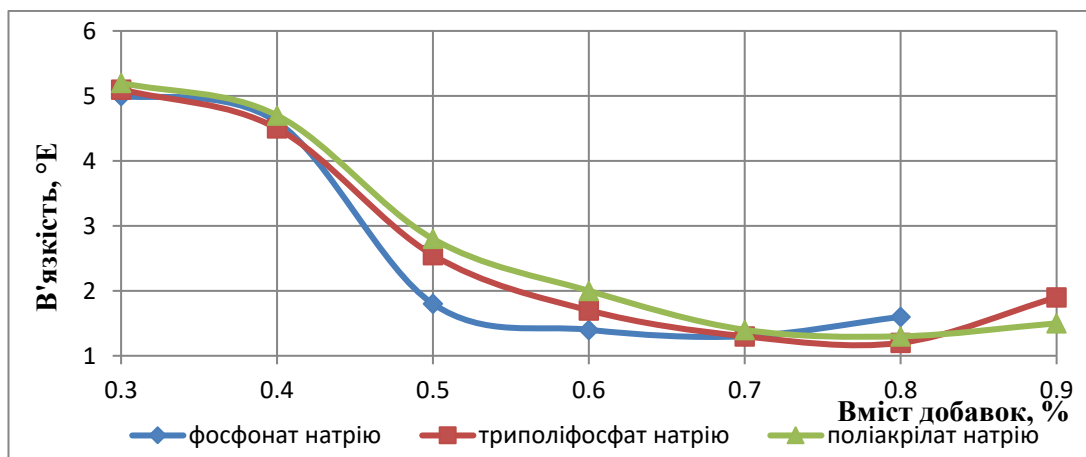


Рис.1.3 – Залежність в'язкості шлікеру (з вологістю 33%) від виду і кількості введеної добавки (за даними роботи [8])

З рис.1.4 видно, що при збільшенні кількості введеного ТПФН від 0,4 до 0,7%, фосфонати натрію від 0,4 до 0,55% і ПАН від 0,5 до 0,7% відбувається зниження коефіцієнта загущення шлікера. Мінімальне значення K_3 , рівне 1,6-1,7, у вигляді горизонтального майданчика спостерігається при додаванні ТПФН в межах від 0,7 до 0,8%. Для всіх дефлокулянтів подальше підвищення вмісту призводить до зростання коефіцієнта загущення.

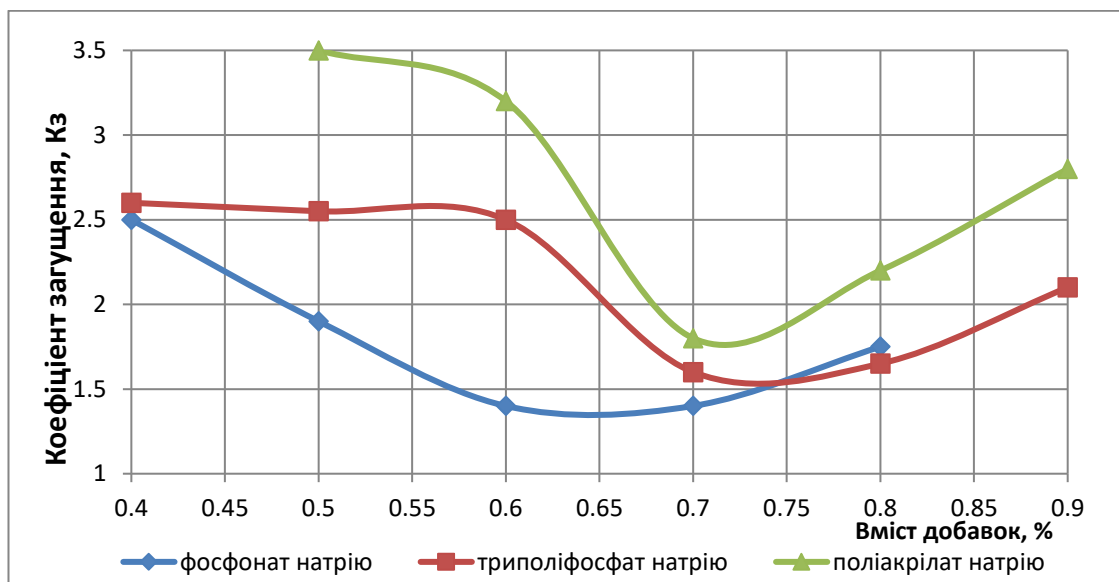


Рис.1.4 – Залежність коефіцієнту загущення шлікеру вологістю 33% від виду і кількості введеної добавки (за даними роботи [8])

Відповідно до отриманих результатів допустиме значення в'язкості й K_3 шлікеру плиток для підлог вологістю 33% забезпечуються введенням 0,7-0,8% ТПФН або 0,55-0,75% фосфонати натрію в перерахунку на сухий склад.

В рамках досліджень [9] було виконана порівняльна оцінка впливу комплексної добавки – триполіфосфату натрію та рідкого скла, а також індивідуальних компонентів: ReotanSL, рідке скло з силікатним модулем 2.0 та триполіфосфат натрію (ТПФН). Порівняльний аналіз реологічних параметрів проведено за допомогою рівнянь Оствальда-Вейля і Бінгама, визначені коефіцієнти k , n і такі параметри, як: гранична динамічна напруга зсуву (τ_0), пластична в'язкість (η). Рухливість керамічного шлікера оцінювалась за часом витоку 100 мл шлікеру після витримки його в спокої

протягом 30 секунд (τ_1) і протягом 30 хвилин (τ_2), а також визначено коефіцієнт загущення K_3 . Результати досліджень наведені в табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Реологічні параметри керамічного шлікеру (за даними роботи [9])

Добавка, що вводитьься	k	n	$\tau, \text{Па}$	$\eta_{пл}, \text{Па}\cdot\text{с}$	$t1, \text{с}$	$t2, \text{с}$	K_3
Без добавок	73	0,46	300	0,57	-	-	-
0,8% ReotanSL	25	0,66	90	0,26	-	-	-
0,8% ТПФН	15	0,94	66	0,24	55	86	1,6
0,8% рідке скло з силікатним модулем 2,0	28	0,65	95	0,31	-	-	-
Комплекс: 0,03% ReotanSL 0,07% рідке скло	8	0,95	20	0,2	14	17	1,2
Комплекс: 0,02% рідке скло 0,08% ТПФН	0,05	0,97	2	0,12	13	15,5	1,2

З таблиці 1.1 видно, що введення в шлікер індивідуальних добавок: рідкого скла, ReotanSL, ТПФН (в кількості 0,80%) не змінює структурованого характеру суспензії, через те, що коефіцієнт n при цьому збільшується незначно, хоча спостерігається значна зміна значень реологічних параметрів шлікеру. При введенні комплексу рідке скло + ТПФН граничне динамічна напруга зсуву τ_0 наближається до нуля, а значення коефіцієнта n наближається до одиниці, це говорить про перехід від структурованого характеру течії до ньютонівського. Вміст комплексних добавок в шлікері, необхідний для досягнення необхідних реологічних параметрів (0,80%) менший, ніж було потрібно для найбільш інтенсивного зниження реологічних параметрів глин, використовуючи індивідуальні добавки (1,60%). Встановлено, що модифікатор Рідке скло+ТПФН значно знижує час витоку шлікеру і коефіцієнт загущення, що свідчить про підвищення

агрегативної стійкості шлікеру з комплексною добавкою. Експериментально встановлено, що даний розріджувач проявив себе ефективніше ніж інші дефлокулянти. Тому є можливість заміни дорогих імпорتنих розріджувачів на вітчизняну добавку рідке скло+ТПФН. Виявлено оптимальне співвідношення компонентів в розробленому модифікаторі для досліджуваних полімінеральних систем – рідке скло:ТПФН = 20 мас.% : 80 мас.%.

В рамках аналогічного експерименту [10] було проведено порівняльний аналіз впливу комплексної добавки суперпластифікатора СБ-ФФ+ТПНФ+NaOH, а також індивідуальних компонентів: реотану, триполіфосфату натрію (ТПФН) та СБ-ФФ. Результати досліджень наведені в табл.1.2.

Таблиця 1.2 – Реологічні параметри керамічного шлікеру(за даними роботи [10])

Добавка, що вводитьься	k	n	$\tau, \text{Па}$	$\eta_{пл}, \text{Па}\cdot\text{с}$	$t1, \text{с}$	$t2, \text{с}$	$Kз$
Без добавок	73	0,46	300	0,57	-	-	-
0,10% Reotan	25	0,66	90	0,26	-	-	-
0,10% NaOH	65	0,58	210	0,32	-	-	-
0,8% ТПФН	15	0,94	66	0,24	55	86	1,6
Комплекс: 0,03% реотану+ 0,05% рідкого скла+ 0,02% соди	8	0,95	20	0,20	59	94	1,6
Комплекс: 0,2% СБ-ФФ+ 0,08% ТПФН	0,05	0,97	2	0,12	14	17	1,2
Комплекс: 0,016% СБ-ФФ+ 0,06% ТПФН+ 0,024% NaOH	0,035	0,98	0	0,09	13	15,5	1,2

З таблиці 1.2 видно, що використання комплексу СБ-ФФ+ТПФН+NaOH найкраще впливає на реологічні властивості досліджуваного шлікера в рамках цього експерименту. Виявлено оптимальне співвідношення компонентів в розробленому модификаторі – СБ-ФФ:ТПФН:NaOH = 16 мас.:%:60 мас.:%:24 мас.%. Вміст комплексної добавки в керамічному шлікері, необхідне для досягнення необхідних реотехнологічних параметрів становить 0.80%.

Висновки до розділу 1

Проаналізувавши дані всіх вищеперерахованих дослідів та враховуючи аналогічні іноземні літературні дані досліджень впливу дефлокулянтів різної природи на реологічні властивості шлікеру [11-16] найбільш ефективним розріджувачем є триполіфосфат натрію та суміші на його основі. Застосування ТПФН дає змогу звільнити значну кількість дифузійної води та як наслідок переводить її в вільну воду. Це значно підвищує рухливість, та текучість шлікеру при зниженій вологості.

Введення індивідуальної добавки ТПФН є економічно недоцільним через достатньо високу ринкову ціну в порівнянні з сумішами ТПФН+Рідке скло та СБ-ФФ+ТПФН+NaOH. Враховуючи, що суперпластифікатор СБ-ФФ є запатентований продукт доставлення якого можливе тільки з Російської Федерації то його використання є неефективним з точки зору логістичних труднощів даного продукту.

Зважаючи на те, що ціна та ефективність дефлокулянта є основою в прийнятті рішення його подальшого застосування – найбільш доцільним для використання в технології є суміш триполіфосфату натрію з рідким склом в співвідношенні 4:1. Це дозволить знизити вологість шлікеру до 33%, та, як наслідок, зменшити енергозатрати в виробництві керамічної плитки для підлоги методом напівсухого пресування.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір та обґрунтування точки будівництва заводу

Хімічне виробництво кераміки – це багатотоннажне виробництво, його потужності займають велику площу, а вибір точки будівництва ускладнений багатьма факторами:

1. Наближеність до родовищ основної сировини;
2. Наявність добре розвинутої транспортної розв'язки і бажано наявність залізничної гілки;
3. Наближеність до водних ресурсів;
4. Наближеність до населеного пункту для забезпечення робітниками;
5. Наявність ринку збуту;
6. Ділянка під будівництво не має бути відведена під сільськогосподарські угіддя, не повинна бути рекреаційною зоною, зоною лісового фонду;
7. Підприємство має бути побудовано за межами населеного пункту, на околиці, що знаходиться з протилежної від підвітряної сторони.

Основною сировиною для виробництва керамічної плитки для підлоги є глина. Найкращими для виробництва є глини каолініт-гідрослюдистого або гідрослюдисто-каолінітового складу, а також глини вказаного типу з незначним вмістом монтморилоніту з вмістом Al_2O_3 18-35%.

Даним вимогам відповідає глина Миколаївського родовища, Донецької області. Донецька область є розвинутим індустріальним районом, що є додатковим позитивним фактором при виборі місця будівництва. Для скорочення транспортних витрат необхідно обирати точку будівництва поблизу родовища основної сировини. Веселівське родовище знаходиться поблизу міста Дружківка, тому доцільно обрати це місто для вибору точки будівництва.

Тому зведення заводу з виробництва керамічної плитки для підлоги планується в місті Дружківка, що входить до Краматорської агломерації.

Для виробництва плиток основними сировинними матеріалами планується використовувати вогнетривку глину, кварцевий пісок та нефеліновий сієніт. Глина буде доставлятися з місцевого Миколаївського родовища (ТОВ «ПТК «Велес»), кварцевий пісок буде завозитись з Новосельського родовища Харківської області та нефеліновий сієніт з Маріупольського родовища. Бій плитковий використовуємо з відходів заводу [19].

Доставка сировини буде виконуватись залізничним транспортом, як найбільш дешевим видом транспорту, а готову продукцію – автомобільним і залізничним транспортом.

Виробництво керамічних плиток – енергозатратне, тому значною підставою для будівництва заводу у даній місцевості є наявність газопроводу. Виробництво планується здійснювати на природному газі, як найбільш дешевому паливі.

Відповідно до рис.2.1 роза вітрів для цього міста дозволяє побудувати підприємство з мінімальним нанесенням шкоди здоров'ю жителям на Південному Сході, Північному Сході, Південному Заході, Заході. Адже будівництво у безпосередній близькості до населеного пункту хімічного підприємства не дозволяється, з огляду на велику кількість викидів димових газів.

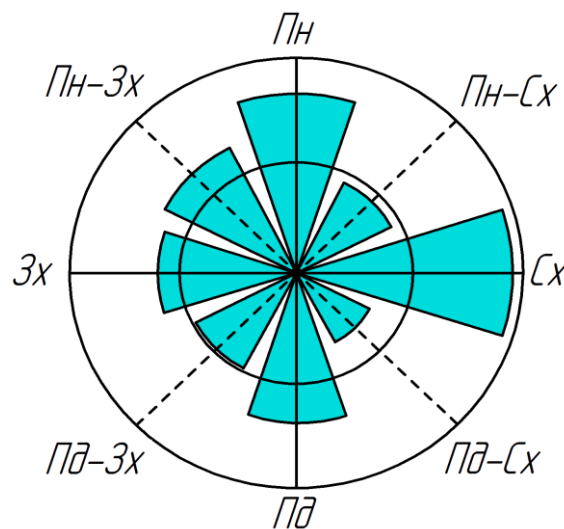


Рис. 2.1 – Роза вітрів для міста Дружківка

Виробництво потребує великої кількості води для технологічних процесів. Завод має можливість використовувати воду з місцевого водопостачання та каналізаційної системи. В іншому випадку, якщо будівництво буде розташоване поблизу місцевих річок Казений Торець або Кривий Торець – то буде можливість використовувати річкову воду за умови наявності ділянки водоочищення.

Донецька область є індустріально розвинутою областю, яка межує з Запорізькою, Дніпропетровською, Харківською, Луганською, що дає широкий ринок збуту продукції.

Дружківка - це місто з населенням у 60 тисяч людей, будівництво заводу надасть населенню робочі місця. Кадрами підприємство буде забезпечуватися за рахунок випускників вищих навчальних закладів, технікумів міст Дружківка та Краматорськ, технічним персоналом та робітниками через інтернет ресурси та бюро працевлаштування. Для перевезення персоналу буде використовуватися міський транспорт.

2.2 Асортимент та вимоги діючих стандартів до продукції

На підприємстві виготовляється плитка згідно з ДСТУ Б В.2.7-282:2011 «Плитки керамічні. Технічні умови»[1]. Плитки поділяють на основні та бордюрні, за формою – на квадратні, прямокутні, багатогранні та фігурні. Квадратні плитки зазвичай виготовляють з такими розмірами: 500x500 мм, 400x400 мм, 330x330 мм, 300x300 мм, 250x250 мм, 200x200 мм, 150x150 мм, товщиною не менше 7,5 мм. Довжина бордюрних плиток повинна відповідати довжині (ширині) основних плиток. Граничні відхилення повинні бути не більше: за довжиною і шириною $\pm 1,5$ мм, за товщиною $\pm 0,5$ мм.

Різниця розмірів плиток (між найбільшим і найменшим) однієї партії за довжиною і шириною не повинна бути більш як 2,0 мм. Різниця в товщині не повинна бути понад 0,5 мм. Відхилення форми плиток від прямокутної (косокутність), відхилення лицьової поверхні від площинності (Кривина лицьової поверхні) та викривлення граней не повинні бути більше ніж 1,5 мм.

В залежності від зносостійкості керамічні плитки для підлоги мають різні галузі застосування. Для покриття підлог у ванних і туалетних кімнатах житлових споруд використовують плитку зі ступенем зносостійкості 1-4; для покриття підлог у ванних, душових, умивальних, туалетних кімнатах промислових будівель використовують плитку зі ступенем зносостійкості 3-4; для покриття підлог у ванних, душових, умивальних, туалетних кімнатах громадських будівель використовують плитку зі ступенем зносостійкості 4. На монтажній поверхні плиток повинні бути рифлення. Розміри, форму та кількість рифлень встановлює підприємство-виробник, при цьому висота (глибина) рифлень повинна бути не менше 0,5 мм[2].

За зовнішнім виглядом лицьова сторона плиток може бути гладкою або з рельєфом, глазурованою або неглазурованою, одноколірною або багатоколірною, декорованою різними методами. Глазур може бути матовою або глянцевою, прозорою або заглушеною. Колір (відтінок кольору),

малюнок або рельєф лицьової поверхні плиток повинен відповідати зразкам-еталонам, затвердженим підприємством-виробником.

На лицьовій поверхні плиток не допускаються тріщини, цек, лисини, плями, мушки, хвилястість глазури, нерівномірність забарвлення глазури, нечіткість малюнка, недопал фарб, що видно на відстані 1 м.

Фізико-механічні показники плиток повинні відповідати вимогам, які вказані у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Фізико-механічні показники плиток для підлог

Основні властивості плитки	Значення
Водопоглинання, % не більше	0,5
Границя міцності при вигині, МПа, не менше для плиток товщиною: до 7,5 мм включно понад 7,5 мм	25,0 32,0
Зносостійкість, ступінь	1-4
Термічна стійкість глазури, °С	125
Твердість глазури за шкалою Мооса,	5 і більше

На поверхні монтажної сторони кожної плитки повинен бути товарний знак підприємства-виробника. Кожна упаковка повинна мати спеціальне маркування. Маркування наносять безпосередньо на упакування або етикетку, яку наклеюють на пакування. Маркування також може бути проведене з допомогою ярликів, що прикріплюють до пакування.

Маркування повинно бути чітким та містити наступні пункти: найменування, адресу підприємства-виробника та товарний знак; умовне позначення плиток і повне їх найменування; кількість плиток, м²; дату виготовлення та номер партії; знак відповідності при доставці сертифікованої продукції (якщо це передбачено системою сертифікації).

Виробник має право наносити на упакування додаткову інформацію, яка не суперечить вимогам ДСТУ [1] та дозволяє ідентифікувати продукцію та її виробника. При формуванні транспортної одиниці пакувальна партія повинна бути укладена так, щоб маркування на них було видно. Кожна тара повинна мати маркування, на ньому повинні бути нанесені маніпуляційні знаки: «Крихке. Обережно!» і «Берегти від вологи», якщо плитки упаковані в картонну тару, яка не захищена від вологи.

Плитки постачають в цілісній упаковці. Плитки упаковують у картонні ящики, картонні коробки або поліетиленову плівку з термоусадкою. За згодою з споживачем допускаються інші види упакування, що забезпечують зберігання плиток при транспортуванні. У кожній упаковці повинні бути плитки одного розміру і форми та відноситись до одного модельного ряду.

Приймання плиток проводять партіями. Партія повинна складатись з плиток одного типу, форми та розміру, малюнку, кольору, вигляду лицьової поверхні, виготовлених за однією технологією та з однієї сировини.

Об'єм партії встановлюють у кількості не більше випуску однієї технологічної лінії за добу.

Кожна партія плиток повинна приймається службою технічного контролю підприємства відповідно до вимог стандарту [1]. Приймальний контроль здійснюють проведенням відповідних заходів за наступними показниками: зовнішній вигляд, розміри та правильність форми, водопоглинання.

Підприємство-виробник повинне проводити періодичні випробування плиток по одній партії з кожної технологічної лінії не рідше одного разу на місяць за наступними показниками: границя міцності при вигині; зносостійкість; термічна та хімічна стійкість глазури, твердість глазури за шкалою Мооса.

Партію приймають, якщо не менше 95% плиток, відібраних для контролю, відповідають вимогам за зовнішнім виглядом.

2.3 Характеристика сировини, допоміжних матеріалів, енергоносіїв

Сировина, що використовується у виготовленні керамічних виробів, поділяється на основну і допоміжну. У свою чергу, основна сировина підрозділяється на пластичну і непластичну.

Пластичні матеріали – каолінові, вогнетривкі, тугоплавкі й легкоплавкі глини, в тому числі пластифікуючі речовини - бентоніти. Неplastичні матеріали в залежності від характеру дії поділяються на опіснюючі (бій випалених виробів, шамот що отримують шляхом випалу глин і каолінів, кварцовий пісок та ін.) і плавні (польовий шпат або його замінники, пегматити, тальк, доломіт, крейда тощо). Плавні в сирій масі діють як опіснюючі добавки [20].

Найважливішим компонентом у виробництві керамічних виробів є глини які складаються з багатьох мінералів переважно силікатного походження. Глини – високодисперсний продукт розкладу та вивітрювання різноманітних гірських порід (розмір часток – менше 0,01 мм). Здатні утворювати з водою пластичну масу, яка зберігає форму, що їй надають, а після сушки та випалу набуває каменеподібних властивостей.

Найкращою глинистою сировиною у виробництві плиток для підлоги є високоякісні пластичні глини – ті, які спікаються при низьких температурах та мають високу звязну здатність.

Глиниста сировина являється основним матеріалом для виробництва керамічних плиток для підлоги. Глини поділяються на моно- та полімінеральні. Каолінітові глини малопридатні для виробництва плитки для підлоги, через те, що вони не спікаються при випалі до 1300 °С, луги в них присутні в незначній кількості. Каолініто-монтморилонітові та монтморилоніто-каолінітові глини також є не вигідною сировиною для виробництва плитки для підлоги. Сировина з таких глин високочутлива до сушіння та випалу. Крім того ці глини мають велику кількість оксидів

лужноземельного походження, тому маси на основі цих оксидів мають короткий інтервал випалу.

Найкращими для виробництва є глини каолініт-гідрослюдистого або гідрослюдисто-каолінітового складу (наприклад, каолініт-гідрослюдисті глини помірно- або середньо пластичні), а також глини вказаного типу з незначним вмістом монтморилоніту з вмістом Al_2O_3 18-35%. Ці глини, як правило, є високодисперсними з високим вмістом часток розміром менше 1 мкм[27].

Маси на основі таких глин добре пресуються, мають хороші сушильні властивості, мають низьку температуру спікання та широкий інтервал випалу.

Тому для виробництва в якості основної сировини використовується глина Миколаївського родовища. Це родовище розташоване у 15 км від міста Слов'янська, що в Донецькій області. Запаси сягають близько 14 млн т. Корисна товща родовища має два шари – нижнє і верхнє, кожен із яких укладений між прошарками різнозернистих пісків і суглинків. Середня потужність глин кожного шару 6-8 м.

Глина Миколаївського родовища за мінералогічним складом є каолініт-гідрослюдистою з домішками кварцу, можливі включення циркону, рутилу, ільменіту, анатазу, тобто належить до групи полімінеральних глин. Мінералогічний склад глини наступний: каолін 48%, гідрослюда 29%, кварц 23%. Миколаївська глина тонкодисперсна: вміст часток з розмірами менше 1 мкм складає 62,21%. Якість плитки для підлоги значною мірою залежить від вмісту фракцій менше 1 мкм в масі. Оптимальна кількість цієї фракції повинна лежати в межах 60-75%. Гранулометричний склад глини наступний: 1-0,5 мм – 0,12%, 0,5-0,2 мм – 0,74%, 0,2-0,05 мм – 5,21%, 0,05-0,01 мм – 3,98%, 0,01-0,005мм – 6,70%, 0,005-0,001 мм – 21,04%, менше 0,001мм – 62,21%.

Склад глинистих матеріалів впливає в першу чергу на технологічні властивості сировини - пластичність, повітряну й вогневу усадку,

вогнетривкість, температуру, інтервал спікання, і значною мірою визначає області можливого використання сировини. Хімічний склад Миколаївської глини наведений в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад Миколаївської глини

Назва матеріалу	Вміст оксидів, %								В. п. п, %	Σ	W, %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O			
Миколаївська глина	57,6	27,8	2,6	0,65	0,8	1	2,5	0,65	6,4	100	2,47

Як вогнетривкі так і тугоплавкі глини в більшій або меншій мірі запісочені. Вплив кожної складової хімічного складу глинистих матеріалів визначається не тільки кількісно, а також видом мінералу й фізичним станом цієї складової.

Високий вміст SiO₂ вказує на те, що глина запісочена, відповідно до цього плитка буде мати високу міцність у готовому вигляді.

Високий процентний вміст Al₂O₃ (27,8%) зумовлює вогнетривкість глин. Спікання Миколаївської глини характеризується наступними показниками: при температурі 1050°C водопоглинання складає - 12,4%, при температурі 1100°C - 7,9%, при температурі 1150°C - 2,1%, при температурі 1200°C - 2,1%.

Сполуки заліза, які містяться в глині у вигляді гідроксидів заліза - лимоніту, магнетиту та знаходяться у тонкодисперсному стані, не виявляють негативного впливу, а також знижують вогнетривкість глини, сприяють ранньому спіканню глини та розширюють інтервал випалу.

До складу сировинної суміші окрім глини входить ще кварцовий пісок, нефеліновий сієніт та плиткові відходи у вигляді бою.

Кварцовий пісок - сипуча порода, яка складається із зерен різного розміру та дрібних уламків. В кварцовому піску наявність сторонніх включень не допускається, вміст зерен розміром більше 10 мм не має перевищувати 0,5% по масі.

Кварцовий пісок та бій плитковий додають як опіснюючі добавки для зниження садки при сушці та випалі. Опіснюючі матеріали беруть активну участь в зміні не тільки властивостей маси, але і в формуванні структури черепка виробу, впливаючи на їх фізико-хімічні властивості.

В якості плавня використовують нефеліновий сієніт. Нефеліновий сієніт ($\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$) є гірською породою, в якій окрім мінералу нефеліну, міститься мікроклін, альбіт, слюди і в невеликих кількостях інші мінерали. Початок спікання нефелінового сієніту при температурі 1060°C , твердість по шкалі Мооса 6, плавиться нефеліновий сієніт в залежності від вмісту лугів в інтервалі температур від 1150 до 1200°C . Нефеліновий сієніт утворює розтоп за рахунок власного переходу в розплав. Вплив плавнів в масі неоднаковий. При випалі плавні сприяють утворенню легкоплавкої фази, знижують температуру випалу виробів, підвищують густину випаленого виробу, міцність черепка та водопоглинання[25].

2.4 Обґрунтування вибору технологічної схеми та способу виробництва

Метою дипломного проекту є проектування заводу з виробництва глазурованої плитки для підлоги продуктивністю $1,5$ млн. м^2 на рік. Актуальність даної проблеми визначається перспективою зросту попиту, а відповідно і зросту вимог до будівельної кераміки в усьому світі, а також постійному збільшенню об'ємів будівництва в країні.

Через те, що Україна прагне до європейських стандартів, то й виробництво плитки буде здійснюватись за європейськими технологіями. Розмір плитки $300 \times 300 \times 8$ мм. Плитки повинні мати безперечно точні розміри, правильну форму, чіткі грані і кути. Глазур лицьової сторони не повинна мати пухирців, напливів, недоливів та пропусків. Колір глазури однотонних плиток має бути рівним, без плям. Для кращого зчеплення з

цементним розчином зворотна сторона плиток виконується рельєфною. Формування плитки здійснюється методом напівсухого пресування виробів з прес-порошку вологістю 7%, що забезпечує значну економію енергії в процесі сушіння.

Глазурування підвищує довговічність плиток, розширює асортимент виробів. Керамічна плитка для підлоги висуває підвищені вимоги щодо глазури, в тому числі і до її твердості та зносостійкості. Ці вимоги враховуються при приготуванні глазури.

Глазурування плиток передбачено щільовим методом поливу за допомогою пристрою «Vela». Використання цього методу забезпечує найбільш якісне покриття. Пристрій «Vela» дає можливість використовувати глазур підвищеної густини і застосування одно- і двостадійного її нанесення, при цьому вона не потрапляє на зворотну сторону плитки. Це дозволить уникнути не тільки операцій зачистки, але й виключити можливість потрапляння глазури на ролики печі, що продовжить термін їх служби.

Глазурування плиток способом поливу забезпечить скорочення витрат глазури на 20-25%, у порівнянні з глазуруванням розпилювальним методом. Використовуючи метод поливу для нанесення глазури на поверхню плиток, ми покращимо якість глазуrowаного покриття, тим самим збільшимо сортність виробленої продукції.

Випал здійснюється в роликовій печі фірми «SACMI» з максимальною температурою випалу 1200 °C. За рахунок використання енергозберігаючих пічних агрегатів здійснюється економія палива та енергозатрат.

Приготування прес-порошку передбачено вести шлікерним способом з подальшим зневодненням шлікеру в БРС (баштово-розпилювальній сушарці). Цей спосіб забезпечує найбільш високу ступінь помелу компонентів при багатокomпонентній шихті та найбільшу однорідність маси, як за властивостями, так і за кольором. Крім того, цей спосіб найбільш надійний для виготовлення кольорових плиток, а також для використання глини непостійного складу, які усереднюють в процесі підготовки прес-порошку.

Порошок, який отримують в розпилювальній сушарці, є практично монофракційним, так як розмір його гранул знаходиться в межах від 0,05 до 0,5 мм. Порошок з БРС менше розшаровується при транспортуванні, не зависає в бункерах, рівномірно заповнює прес-форми. Все це призводить до отримання рівномірної поверхні відпресованих плиток.

Технологічна схема забезпечує комплексне використання відходів пресування та сушіння, що повинно знизити питомі витрати сировини на виготовлення продукції та зменшити її собівартість.

Основна увага при проектуванні заводу буде приділена покращенню переробки сировини, усуненню важкої ручної праці, підвищенню якості продукції, що випускається.

2.4.1 Опис технологічної схеми виробництва. Теоретичні основи фізико-хімічних процесів

Технологічна схема виробництва глазурованої плитки для підлоги зображена на рисунку 2.2.

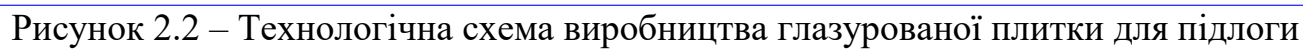


Рисунок 2.2 – Технологічна схема виробництва глазурованої плитки для підлоги

2.4.1.1 Транспортування, приймання і зберігання сировинних матеріалів

Сировинні матеріали доставляються на завод залізничним та автомобільним транспортом.

Вхідний контроль сировини здійснюється відділом технічного контролю. Процедурою встановлено параметри контролю, вид і періодичність контролю, обсяг вибірки проб. Прийняту сировину й матеріали зберігають на складах або на відкритих площадках з бетонними підлогами й перегородками, відповідно до встановлених норм, конкретно для даного виду сировини й матеріалів, роздільно за видами і марками. Повинні зберігатися в закритих складських приміщеннях окремо за видами і марками матеріали, що надходять запаковані. Транспортування й зберігання сировинних матеріалів здійснюється відповідно до технологічної інструкції по транспортуванню й зберіганню сировинних матеріалів. Не прийнята при вхідному контролі сировина маркується штампом «брак» та вивантажується на спеціально відведені площадки.

Розвантаження сировинних матеріалів відбувається відповідно до технологічної інструкції по розвантаженню сировини й матеріалів. Залізнична лінія після кожного розвантаження повинна ретельно очищатися. Не менше ніж на місяць повинен підтримуватися основний запас сировини.

2.4.1.2 Приготування шлікеру

Глина з відсіків глиносховища подається грейферним краном у бункер, звідки з допомогою ящиків живильника надходить у камеру дроблення агрегату для розпуску глини. Глиниста суспензія після розпуску глини зливається в басейн із пропелерною мішалкою, звідки за допомогою пускового насоса подається для зберігання у вертикальні силоси.

Параметри глинистої суспензії: вологість 45 – 48 %; залишок на ситі № 0063 не більше 0,8 - 1,5%.

Передбачено роздільний спосіб приготування маси. Глинисті компоненти розпускаються в мішалках протягом 2-х годин з підігрівом, що інтенсифікує процес розпуску.

Кам'янисті матеріали подрібнюються в кульових млинах протягом 10 годин та далі проціджуються через вібросито й змішуються в басейні з глинистою суспензією.

Пісок зі складу сировини за допомогою грейферного крану подається в бункери запасу сировини. З бункерів сировинні матеріали відбираються встановленими порціями ваговими дозаторами і подаються на стрічковий транспортер. Далі сировина транспортується до кульових млинів.

Помел здійснюється уралітовими кулями з діаметром 30 мм. Час помелу 10 годин. Матеріал, що надходить у млин, подрібнюється мелючими тілами, і переміщується від завантажувального отвору до розвантажувального під тиском матеріалу, що безупинно надходить до агрегату. Параметри подрібненого шлікеру опіснюючих матеріалів: вологість 35 - 40%; залишок на ситі № 0063 4-8%. Злив подрібненого шлікеру проводиться в басейни із пропелерними мішалками, через пересувне вібросито-дефerezатор. Перемішування компонентів у басейні здійснюється протягом 15-20 хв до одержання однорідного шлікеру.

Готовий шлікер перекачується насосом з басейну у вертикальний силос для зберігання через вібросито із сіткою 829 отв./см². Параметри готового шлікеру: вологість 33 – 35%; залишок на ситі № 0063 5-8%.

2.4.1.3 Приготування прес-порошку

Для сушіння шлікеру використовують баштово-розпилювальну сушарку. В ній передбачені усі процеси: зневоднення, гранулоутворення та просіювання. Шлікер, який подається в башту розпилювальної сушарки, розпилюється, взаємодіє з теплоносієм і за декілька секунд висушується до заданої вологості. Отриманий порошок має хороші пресувальні якості,

стабільний гранулометричний склад і рівномірну вологість. При цьому зменшується такий дефект пресування як шаруватість.

В якості теплоносія використовують продукти згорання природного газу, які надходять в сушильну камеру від пальників.

В табл. 2.3 наведені технологічні параметри режиму зневоднення шлікеру.

Таблиця 2.3 – Технологічні параметри режиму зневоднення шлікеру

БРС	Температурний режим	Гідравлічний режим
Верх	250-300 °C	0-0,5 кгс/м ²
Середина	300-350 °C	1-2 кгс/м ²
Низ	100-150 °C	15-20 кгс/м ²

Вологість прес-порошку на виході з баштової розпилювальної сушарки становить 5-7%.

Підготовлений прес-порошок після БРС надходить у бункери запасу прес-порошку, де прес-порошок витримується в бункері не менше 8 годин. В протилежному випадку ускладнюється процес пресування – з'являються зриви на лицьовій поверхні.

2.4.1.4 Пресування плитки

З бункеру запасу стрічковим живильником, стрічковим транспортером та елеватором прес-порошок подається на сито для просіювання та відбору частинок, які злиплись. Просіяний прес-порошок стрічковим транспортером подається в прийомний бункер преса. Пресування здійснюється на гідравлічних пресах SACMI PH500XL з питомим та загальним тиском відповідно 330-370 та 150-170 бар. Перед початком пресування регулюються всі механізми та пристрої преса. Пресування відбувається двостадійно.

Лицьові та бічні поверхні штампів повинні бути рівними, гладкими, а рифлення чіткими. На верхньому пуансоні повинен бути зазначений товарний знак. Цикл пресування двоступінчастий.

Розміри відпресованих плиток, мм:

довжина – $300 \pm 0,3$;

ширина – $300 \pm 0,3$;

товщина – $8,0 \pm 0,2$.

Відпресовані плитки повинні мати правильну геометричну форму, чіткі грані й кути, не мати опуклостей, тріщин, зазубрин і щербин на лицьовій поверхні. На монтажній поверхні повинні бути рифлення висотою не менш 0,3 мм.

Відпресовані плитки очищуються механічними щітками й подаються на наступний технологічний етап. Відходи прес-порошку повертаються в кульові млини. Відпресована плитка з вологістю 7% надходить у сушарку, де відбувається сушіння напівфабрикату.

2.4.1.5 Сушіння плитки

Відпресована плитка за допомогою приймально-розподільного пристрою розкладається в потоки перед подачею в сушарку. Роликова сушарка призначена для сушіння керамічних плиток розміром 300х300 мм до вологості 1%. Сушіння відпресованих плиток здійснюється підігрітим повітрям до 250°C, що нагнітається вентиляторами в канали сушарки.

Корпус сушарки складається з семи металевих секцій з теплоізоляцією, оснащених рециркуляційним вентилятором, автоматичним пальником, системою трубопроводів і термопар для контролю температури повітря, що подається.

На першій секції сушарки встановлений витяжний вентилятор. На п'ятій секції встановлена система охолодження висушеної плитки.

Для нагрівання повітря використовуються газові блокові пальники MB.O.BS3AB фірми NBP (Італія). Блок пальника вмонтований у корпусі, де встановлені вентилятори й електродвигун, повітряна заслінка з ручною настройкою, вогнева частина, блок керування із кнопкою блокування, реле тиску повітря.

Технічне обслуговування включає в себе операції, які забезпечують нормальні робочі умови та оптимальну ефективність виробничого і контрольного обладнання.

Головні операції: контроль з'єднання між валами приводу; контроль натяжки ременів приводу; контроль цілісності пружин в бусолі ролика; контроль зносу конусних шестерень; контроль герметичної ізоляції змазка підшипників вентиляторів.

Висушений напівфабрикат системою транспортерів подається на глазурування та випал у роликовій печі.

2.4.1.6 Глазурування плиток

Плитка глазурується методом поливу. Перевагами даного методу є те, що використовується глазур підвищеної густини, яка не потрапляє на зворотну сторону плитки. В результаті цього не потрібно робити операцію зачистки тильної сторони плитки і також глазур не потрапляє на ролики печі випалу, що збільшує строк їх служби. Глазурування плиток здійснюється на глазурувальному конвеєрі довжиною 50 м. На лінію готова глазур надходить із масозаготівельного цеху. Перед подачею на лінію її перемішують в ємностях протягом 10 хвилин. Глазур з видаткового басейну з пропелерною мішалкою транспортується за допомогою мембранного насосу у камеру для глазурування. Глазур наноситься струменево, що рівномірно витікає через щілину пристрою для глазурування. На початку глазурувального конвеєра встановлена камера для зрошення плитки водою. Залежно від водопоглинання й температури плитки лабораторією встановлюється інтенсивність зволоження. Декор наноситься пристроєм «ROTOCOLOR». Транспортування виробів здійснюється рольгангом, що приводиться в рух приводом.

2.4.1.7 Випал плиток

Випал керамічної плитки проводиться в роликовій печі в окиснювальному середовищі, при повному згорянні палива (газ), без видимого факела полум'я, та за умови надлишку повітря ($K = 1,1$).

Тривалість випалу складає 45 хвилин за температури 1200°C . Для випалу плитки встановлена газова роликова піч моделі FMS "SACMI" яка призначається для випалу керамічних виробів розміром від 150×150 мм до 700×700 мм.

Корпус печі складається з 52 секцій, кожна з яких складається з металічного каркаса, що футерований шамотним легковагом, ширина футерівки залежить від робочої температури всередині секції. Секція облицьована металічними листами.

До основних компонентів печі входить система приводу роликів, система для забезпечення подачі і регулювання газу, установка для відводу димових газів, система подачі повітря для горіння природного газу, система охолодження готової керамічної продукції, а також, набір газових пальників SITI 61400. Роликова піч, що використовується – одноканальна, в середині каналу безпосередньо проходить випал керамічної плитки. Транспортування продукції по каналу печі здійснюється за допомогою рольганга, що приводиться в дію приводом. Основні компоненти приводу складаються з варіатора, електродвигуна, а також редуктора. Від електродвигуна обертальними рухами через ланцюгову передачу, що передаються на вал, а від нього до роликів.

За температурною залежністю «температура-час» можна спостерігати процес випалу, тому піч поділяється на деякі технологічні зони:

1. Відбір відпрацьованих газів;
2. Попередній підігрів;
3. Випал;
4. Охолодження.

В зоні відпрацьованих газів відбувається початковий підігрів плиток. В напрямку, протилежно до напрямку руху плиток в печі, відбирається повітря. В першій зоні відпрацьовані гази поступають безпосередньо на керамічну плитку, де і відбувається її попередній нагрів методом конвекції в умовах відсутності полум'я. В другій зоні майбутня продукція переходить з етапу конвекційного нагріву на етап поступового рівномірного нагріву всередині середовищі з присутністю полум'я. Плитка нагрівається до температури близько 900°C. В зоні попереднього підігріву спалення палива виконана у вигляді установки пальників під рольгангом для повільного та рівномірного нагрівання плиток.

Після проходження зони підігріву проходить зона випалу, в якій спостерігається максимальна температура до 1200°C. В третій зоні пальники встановлені над і під рольгангом, що допомагає швидко досягти температури, що необхідна у такому випадку. В роликовій печі встановлюються сучасні пальники фірми SITI 61400.

Газ та повітря підводиться за допомогою газового та повітряного колектору. Для кожного окремого пальників від газового і повітряного колектора виконано отвори для трубок. Газ подається до пальників через пристрій безпеки, який у разі будь-якої аварійної чи небезпечної ситуації припиняє подачу газу.

Зони випалу і охолодження розділяються за допомогою так званих порогів — шторок. У печі, що використовується охолодження керамічної плитки відбувається відразу після стадії випалу відповідно до кривої випалу, отже тому охолодження плитки відбувається в різних зонах:

1. Швидке охолодження;
2. Модульне охолодження;
3. Протиточне охолодження;
4. Остаточне охолодження.

Зона швидкого охолодження виконана з кільця повітряного колектора, в який вентилятором передається відфільтроване повітря. Основна подача

чистого повітря в колектор регулюється спеціальною заслонкою. Керамічна продукція охолоджується за допомогою потоку повітря. Наприкінці зони швидкого охолодження температура продукції складає приблизно 600°C.

Модульне охолодження виконана у вигляді кільця колектора. По трубах з радіальними отворами проходить відбір гарячого повітря витяжним вентилятором. У цій зоні проходить перетворення вільного кварцу. Система охолодження в цій зоні використовується також як сполучна ланка, тобто і для усереднення перепадів температури кривої випалу. Охолодження відбувається безперервно і продовжується до тих пір, поки температура не знизиться до близько 500°C.

У третю зону вдувається свіже та чисте повітря під середнім тиском для забезпечення швидкого охолодження вже перетвореного матеріалу, що подається в канал і нагрівається внаслідок конвекційної тепловіддачі.

Зона остаточного охолодження являється камерою, в яку подається холодне повітря в великих кількостях лопатевими вентиляторами, встановленими на стінках каналу.

2.4.1.8 Фазові та хімічні перетворення, що відбуваються при випалі

При нагріванні і спіканні структура глинистих матеріалів зазнає певних змін, які залежать від фазового і хімічного складу глин, а також наявності домішок. В основному виділяють шість основних типів реакцій:

- 1) виділення води з глини,
- 2) згорання органічних речовин, що являються домішками,
- 3) виділення конституційної води з кристалічної частини глиноутворюючих мінералів,
- 4) розпад продукту дегідратації глиноутворюючих мінералів,
- 5) утворення евтектичного розплаву шляхом взаємної дифузії іонів
- 6) утворення нових кристалічних фаз.

У глинах, що містять карбонат кальцію, додається реакція декарбонізації цього мінералу, що починається біля 800°C і досягає максимуму ендоефекту при $900 - 950^{\circ}\text{C}$.

При виділенні гігроскопічної вологи утворюється значна кількість водяної пари, яка при швидкому підйомі температури в інтервалі $100 - 200^{\circ}\text{C}$ виділяється так бурхливо, що може розірвати виріб. Цей розрив супроводжується характерним звуком лопання. При швидкісному випалі це — найбільш небезпечний для виробу етап. Він може бути усунений з режиму випалу, якщо сушка виробу буде завершена при $200-220^{\circ}\text{C}$ і у випал поступить абсолютно висушений виріб.

Друга реакція – вигорання органічних домішок має екзотермічний ефект при температурах $300-400^{\circ}\text{C}$. Нерідко частина органічних домішок залишається і проявляється у вигляді темно-сірої серцевини в зламі виробу. Ця реакція може гальмувати швидкісний випал при сповільненому випалі органічних речовин, коли вони встигають обвуглитися і перейти в графіт.

Період третьої реакції – дегідратація повинен проходити поволі лише у разі вузького інтервалу температур виділення конституційної води. Період цей розтягується від 450 до 700°C .

Реакція утворення аморфної речовини, як продукту розпаду кристалічних глиноутворюючих мінералів, протікає від температур початку дегідратації до $875 - 900^{\circ}\text{C}$.

Найбільше значення має п'ята реакція – утворення поліевтектичного розплаву і дозрівання виробу, що починається з $700 - 750^{\circ}\text{C}$. Оптимальні умови реакції при температурі витримки виробу $950 - 980^{\circ}\text{C}$, завершальна стадія – період «гартування», тобто в умовах початку охолодження виробу.

Реакції шостого типу – утворення нових кристалічних фаз які в незначних кількостях виражені у виробках, що обпалюються до 1000° . Проте такі реакції все ж таки можуть мати місце: кристалізація гематиту Fe_2O_3 , вюстити FeO і утворення фаяліту $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$ при температурах біля 900°C . Окрім того, в інтервалі $850 - 1050^{\circ}\text{C}$ з'являється фаза кристоболіту і з $950 -$

1000°C – фаза шпінелі за наявності в глині магнезитової складової. До реакцій цього типу належить оборотний перехід β - α -кварц, який може мати велике значення для якості виробу з сильно запісоченої глини, не сприяючи розвитку його механічної міцності при випалі.

2.4.1.9 Сортивання та пакування готової продукції

Перш ніж поступити на ділянку пакування і далі на склад, плитка ретельно сортується. При цьому забезпечується вирішення трьох завдань:

- відбракувати дефектні вироби;
- відокремити плитки першого сорту від плиток нижчих сортів;
- згрупувати плитки кожного сорту в торгові партії з погляду розмірності (або, як часто мовиться, "калібру") і кольоровості (так званий "тон").

Контроль якості готової кераміки проводять візуально на ділянці дефектоскопа. Оператори мітять маркерами браковану і другосортну плитку, після чого брак автоматично утилізується, а решта продукції розділяється по сортності і пакується.

Сортивання продукції за зовнішнім виглядом лицьової поверхні проводиться сортувальниками на сортувальній лінії.

Плитки одного розміру, кольору, тону, малюнка і сорту упаковують в картонні ящики, де укладають їх вертикально на грань впритул один до одного. Упаковані в картонні ящики плитки укладаються на плоскі піддони.

На монтажну поверхню кожної плитки повинен бути нанесений товарний знак підприємства-виробника. Кожен ящик повинен бути забезпечений ярликом, в якому указуються: найменування і товарний знак підприємства-виробника; найменування виробу; дату виготовлення і зміну; малюнок, колір, тон; сорт, розміри; кількість плиток, м² (шт.); позначення стандарту; маніпуляційні знаки «Обережно, крихке!», «Боїться вологи». На ярлику повинно бути вказано: «При обробних роботах не рекомендується використовувати клей «Бустілат» і інші синтетичні клеї і мастики». Ярлик

повинен бути міцно приклеєний на упаковці або надрукований на пакувальному папері (картоні).

Плитки в упакованому вигляді повинні зберігатися в умовах захисту від механічних пошкоджень, впливу морозу, високих температур і агресивних середовищ. Висота штабелю при зберіганні не повинна перевищувати: транспортними пакетами 2 яруси; в картонних ящиках 10 ярусів [1].

2.5 Матеріальний баланс виробництва

Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу виробництва представлені в табл. 2.4 та 2.5.

Таблиця 2.4 – Основні параметри виробництва

Параметри	Позначення	Значення
Продуктивність цеху, м ² /рік	<i>P</i>	1500000
Маса 1 м ² плиток, кг	<i>m</i>	21,5
Вміст поливи на керамічному черепку, %	<i>П</i>	4,6
Вологість прес-порошку, %	<i>W₁</i>	7
Вологість шлікеру, %	<i>W_ш</i>	48
Вогневе і повітряне зсідання плиток, %	<i>ЗС</i>	6
Густина шлікеру, кг/м ³	<i>ρ_ш</i>	1470
Насипна маса прес-порошку, кг/м ³	<i>ρ_п</i>	1150

Таблиця 2.5 – Норми браку та витрат

Види браку і витрат	Позначення	Значення, %
Складські втрати продукції	<i>B₁</i>	0,1
Брак під час випалу	<i>B₂</i>	3
Брак під час пресування і сушіння	<i>B₃</i>	3,5
Зворотні втрати	<i>B₃₁</i>	95,5
Втрати в бункерах під час транспортування	<i>B₄</i>	0,2
Втрати в масозаготівельному цеху	<i>B₅</i>	0,4
Втрати на складі сировини	<i>B₆</i>	0,2

Склад і характеристика компонентів маси представлені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Склад і характеристика компонентів маси

Назва матеріалу	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	В.П.П.	сума	склад маси, %
Миколаївська глина	57,6	27,8	2,6	0,65	0,8	1	2,5	0,65	6,4	100	61,5
Бій плитки	64,66	29,95	0,9	0,74	0,8	0,73	1,72	0,5	—	100	3
Кварцовий пісок	97,7	0,78	0,48	0,081	0,44	0,05	0,31	0,019	0,14	100	23,5
Нефеліновий сієніт	60,4	23,6	0,08	—	0,7	0,1	4,6	9,8	0,72	100	12

Хімічний склад шихти для виробництва керамічної плитки представлений в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Хімічний склад шихти для виробництва плитки

Назва	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	В.П.П.	Σ
%	67,57	21,01	1,74	0,44	0,70	0,67	2,21	1,61	4,05	100

Розрахуємо матеріальний баланс виробництва керамічної плитки:

1. Маса глазурованої плитки для підлоги, що виробляється за рік становитиме:

$$M_p = m \cdot P$$

$$M_p = m \cdot 1500000$$

де m - маса 1 м² плитки, кг/м²;

P - річна продуктивність цеху, м²/рік.

$$M_p = 21,5 \cdot 1500000 = 32250000 \text{ кг/рік} = 32250,00 \text{ т/рік}$$

2. Маса і кількість (площа) плитки, яка надходить на склад із врахуванням відсотку втрат під час транспортування і зберігання готової продукції (B_1) становитиме:

$$M_1 = \frac{M_p \cdot 100}{100 - B_1}$$

$$M_1 = \frac{32250 \cdot 100}{100 - 0,1} = 32282282 \text{ кг/рік}$$

площа цієї ж плитки дорівнює:

$$N_1 = \frac{P \cdot 100}{100 - B_1}$$

$$N_1 = \frac{1500000 \cdot 100}{100 - 0,1} = 1501501,50 \text{ м}^2/\text{рік}$$

3. Площа і маса плитки, що виходять з печі з врахуванням відсотку браку під час випалу (B_2) складе (без врахування В.П.П.):

$$M_2 = \frac{M_1 \cdot 100}{100 - B_2}$$

$$M_2 = \frac{32282282 \cdot 100}{100 - 3} = 33280703 \text{ кг/рік}$$

площа плитки, що виходить з печі дорівнює (без врахування зсідання при випалі):

$$N_2 = \frac{N_1 \cdot 100}{100 - B_2}$$

$$N_2 = \frac{1501501,50 \cdot 100}{100 - 3} = 1547939,69 \text{ м}^2 / \text{рік}$$

маса браку випалу за рік становитиме:

$$M_{BB} = M_2 - M_1$$

$$M_{BB} = 33280703 - 32282282 = 998421 \text{ кг} / \text{рік}$$

4. Маса плитки, яка виходять з печі без полив'яного покриття із врахуванням відсотку вмісту поливи на керамічному черепку (П) складе:

$$M_3 = \frac{M_2 \cdot (100 - П)}{100}$$

$$M_3 = \frac{33280703 \cdot (100 - 4,6)}{100} = 31749790 \text{ кг} / \text{рік}$$

маса поливу на керамічній плитці становитиме:

$$M_{П} = M_2 - M_3$$

$$M_{П} = 33280703 - 31749790 = 1530913 \text{ кг} / \text{рік}$$

5. Маса абсолютно сухого матеріалу (без полив'яного покриття), що надходить на випал із врахуванням втрат при прожарюванні (В.П.П.) маси буде дорівнювати:

$$M_4 = \frac{M_3 \cdot 100}{100 - В.П.П.}$$

$$M_4 = \frac{31749790 \cdot 100}{100 - 4,05} = 33089932,25 \text{ кг} / \text{рік}$$

6. Маса сирцю, який надходить у сушарку з вологістю (W_1) складе:

$$M_5 = \frac{M_4 \cdot 100}{100 - W_1}$$

$$M_5 = \frac{33089932,25 \cdot 100}{100 - 7} = 35580572,31 \text{ кг/рік}$$

7. Маса прес-порошку, що надходить на пресування і кількість відпресованої плитки з врахуванням відсотку браку під час пресування і сушіння (B_3) становитиме:

$$M_6 = \frac{M_5 \cdot 100}{100 - B_3}$$

$$M_6 = \frac{35580572,31 \cdot 100}{100 - 3,5} = 36871059,39 \text{ кг/рік}$$

ця ж кількість плитки в одиницях площі дорівнює:

$$N_3 = \frac{N_2 \cdot 100}{100 - B_3}$$

$$N_3 = \frac{1547939,69 \cdot 100}{100 - 3,5} = 1604082,58 \text{ м}^2/\text{рік}$$

об'єм прес-порошку для пресування:

$$V_{\text{п1}} = \frac{M_6}{\rho_{\text{п}}}$$

$$V_{\text{п1}} = \frac{36871059,39}{1150} = 32061,79 \text{ м}^3/\text{рік}$$

де $\rho_{\text{п}}$ - насипна густина прес-порошку, кг/м³.

маса браку пресування і сушіння ($M_{\text{БПС}}$) буде дорівнювати:

$$M_{\text{БПС}} = M_6 - M_5$$

$$M_{\text{БПС}} = 36871059,39 - 35580572,31 = 1290487,08 \text{ кг/рік}$$

у тому числі зворотні втрати при цих операціях:

$$M_{31} = \frac{M_{\text{БПС}} \cdot B_{31}}{100}$$

$$M_{31} = \frac{1290487,08 \cdot 95}{100} = 1225962,72 \text{ кг/рік}$$

площа відпресованої сирії плитки, враховуючи відсоток вогневого і повітряного зсідання (ЗС) становитиме:

$$N_4 = \frac{N_3 \cdot 100}{100 - 3C}$$

$$N_4 = \frac{1604082,58 \cdot 100}{100 - 6} = 1706470,83 \text{ м}^2/\text{рік}$$

8. Маса прес-порошку, що виходить з баштової сушарки з врахуванням відсотку втрат його в бункерах і під час транспортування

$$M_7 = \frac{M_6 \cdot 100}{100 - B_4}$$

$$M_7 = \frac{36871059,39 \cdot 100}{100 - 0,2} = 36944949,29 \text{ кг/рік}$$

9. Маса шлікеру, який подають у баштову сушарку при вологості шлікеру (W_{III}) становитиме:

$$M_8 = \frac{M_6 \cdot (100 - W_1)}{100 - W_{III}}$$

$$M_8 = \frac{36871059,39 \cdot (100 - 7)}{100 - 33} = 51179231,7 \text{ кг/рік}$$

об'єм шлікеру, що подається в баштову сушарку:

$$V_{III1} = \frac{M_8}{\rho_{III}}$$

де ρ_{III} - густина шлікеру, кг/м³

$$V_{III1} = \frac{51179231,7}{1470} = 34815,80 \text{ м}^3/\text{рік}$$

10. Маса шлікеру, яку необхідно приготувати з врахуванням зворотних втрат під час пресування і сушіння складе:

$$M_9 = M_8 - \frac{M_{31} \cdot (100 - W_1)}{100 - W_{III}}$$

$$M_9 = 51179231,7 - \frac{1225962,72 \cdot (100 - 7)}{100 - 33} = 49477522,25 \text{ кг/рік}$$

об'єм шлікеру, що потрібно приготувати:

$$V_{ш2} = \frac{M_9}{\rho_{ш}}$$

$$V_{ш2} = \frac{49477522,25}{1470} = 33658,2 \text{ м}^3/\text{рік}$$

11. Маса шлікеру, яку необхідно приготувати з врахуванням відсотку втрат на масозаготівельній ділянці (B_5) буде дорівнювати:

$$M_{10} = \frac{M_9 \cdot 100}{100 - B_5}$$

$$M_{10} = \frac{49477522,25 \cdot 100}{100 - 0,4} = 49676227,15 \text{ кг/рік}$$

12. Маса компонентів, які необхідно подати на масозаготівельну ділянку, в абсолютно сухому виді розраховуємо за формулою:

$$M_{11} = \frac{M_{10} \cdot (100 - W_1)}{100}$$

$$M_{11} = \frac{49676227,15 \cdot (100 - 48)}{100} = 33283072,19 \text{ кг/рік}$$

Після цього згідно із шихтовим складом маси розраховуємо річну потребу кожного компонента в абсолютно сухому стані за загальною формулою:

$$M_i = M_{11} \cdot k_i$$

де: M_i - маса і-го компонента, k_i доля і-го компонента в шихті.

Миколаївська глина

$$M_{гг} = 33283072,19 \cdot 0,615 = 20469089,40 \text{ кг/рік}$$

Бій плитки

$$M_{бп} = 33283072,19 \cdot 0,03 = 998492,16 \text{ кг/рік}$$

Кварцевий пісок

$$M_{\text{КП}} = 33283072,19 \cdot 0,235 = 7821521,95 \text{ кг/рік}$$

Нефеліновий сієніт

$$M_{\text{НС}} = 33283072,19 \cdot 0,12 = 3993968,68 \text{ кг/рік}$$

З врахуванням вологості в масозаготівельний цех слід подати:

$$M_{\text{ГЛ}}^{\text{w}} = \frac{M_{\text{ГЛ}} \cdot 100}{100 - W_{\text{ГЛ}}}$$

де $W_{\text{ГЛ}}$ — відносна вологість глини, %.

Миколаївська глина

$$M_{\text{ГЛ}}^{\text{w}} = \frac{20469089,40 \cdot 100}{100 - 18} = 24962304,15 \text{ кг/рік}$$

Бій плитки

$$M_{\text{БП}}^{\text{w}} = \frac{998492,16 \cdot 100}{100 - 0,5} = 1003509,70 \text{ кг/рік}$$

Кварцевий пісок

$$M_{\text{КП}}^{\text{w}} = \frac{7821521,95 \cdot 100}{100 - 6} = 8320768,03 \text{ кг/рік}$$

Нефеліновий сієніт

$$M_{\text{НС}}^{\text{w}} = \frac{3993968 \cdot 100}{100 - 4} = 4160384,04 \text{ кг/рік}$$

13. Маса компонентів, які необхідно подати на склад сировини з врахуванням відсотку втрат B_6 буде дорівнювати:

$$M_{12}^{\text{ГЛ}} = \frac{M_{\text{ГЛ}}^{\text{w}} \cdot 100}{100 - B_6}$$

Миколаївська глина

$$M_{12}^{ГЛ} = \frac{24962304,15 \cdot 100}{100 - 0,2} = 25012328,80 \text{ кг/рік}$$

Бій плитки

$$M_{12}^{БП} = \frac{1003509,70 \cdot 100}{100 - 0,2} = 1005520,74 \text{ кг/рік}$$

Кварцовий пісок

$$M_{12}^{КП} = \frac{8320768,03 \cdot 100}{100 - 0,2} = 8337442,91 \text{ кг/рік}$$

Нефеліновий сієніт

$$M_{12}^{НС} = \frac{4160384,04 \cdot 100}{100 - 0,2} = 4168721,48 \text{ кг/рік}$$

14. Питомі витрати сировини на 1 м² плиток складуть:

$$Q_{ГЛ} = \frac{M_{12}^{ГЛ}}{P}$$

Миколаївська глина

$$Q_{ГЛ} = \frac{25012328,80}{1500000} = 16,67 \text{ кг/м}^2$$

Бій плитки

$$Q_{БП} = \frac{1005520,74}{1500000} = 0,67 \text{ кг/м}^2$$

Кварцевий пісок

$$Q_{КП} = \frac{8337442,91}{1500000} = 5,56 \text{ кг/м}^2$$

Нефеліновий сієніт

$$Q_{НС} = \frac{4168721,48}{1500000} = 2,78 \text{ кг/м}^2$$

Таблиця 2.8 – Матеріальний баланс виробництва

№ п/п	Технологічна стадія	Режим роботи цеху			Одиниці виміру	Подати матеріалів				
		днів у році	змін у добу	годин у зміні		на рік	на місяць	на добу	за зміну	за годину
1	Подача на склад сировини:	270	2	8						
	Миколаївська глина				т	25012,32	2084,36	92,64	46,32	5,79
	Бій плитки				т	1005,52	83,79	3,72	1,86	0,233
	Кварцовий пісок				т	8337,44	694,79	30,88	15,44	1,93
	Нефеліновий сієніт				т	4168,72	347,39	15,44	7,72	0,965
2	Подача глини на розпуск	350	3	8	т	25012,32	2084,36	71,46	23,82	2,98
3	Подача в кульовий млин:	350	3	8						
	Бій плитки				т	1005,52	83,79	2,873	0,958	0,12
	Кварцовий пісок				т	8337,44	694,79	23,821	7,94	0,993
	Нефеліновий сієніт				т	4168,72	347,39	11,911	3,97	0,496
4	Приготування шлікеру	350	3	8	т	49477,52	4123,13	164,93	54,98	6,87
					м ³	33658,2	2804,85	112,19	37,39	4,67
5	Подача шлікеру в БРС	350	3	8	т	51179,23	4264,93	146,22	48,74	6,09
					м ³	34815,8	2901,32	99,47	33,15	4,14
6	Подача прес-порошку на преси	350	3	8	т	36871,06	3072,59	105,35	35,12	4,39
					м ³	32061,79	2671,82	91,61	30,54	3,82
7	Відпресувати плиток	350	3	8	т	36871,06	3072,59	105,35	35,12	4,39
					м ²	1604082,58	133673,55	4583,09	1527,70	190,96
8	Подача виробів на сушіння та випал	350	3	8	т	35580,57	2965,05	101,66	33,89	4,24
					м ²	1706470,83	142205,90	4875,63	1625,21	203,15
9	Подача плиток на склад	350	3	8	т	32282,28	2690,19	92,24	30,75	3,84
					м ²	1501501,5	125125,13	4290,0	1430,0	178,75

2.5.1 Вибір та розрахунки кількості основного технологічного обладнання

Масозаготівельна частина:

Для завантаження сировини в бункери зі складу використовуємо грейферний кран.

Технічна характеристика крану В-654:

– вантажопідйомність, т	5
– місткість ковша, м ³	1,5
– загальна потужність, кВт	52
– число обертів, об/хв.	1460

Розрахуємо кількість кранів, яка забезпечить дану продуктивність, при 8-ми годинному робочому дні.

$$N = \frac{M_r}{g \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot n}, \text{ шт}$$

де M_r – годинна витрата маси матеріалу;

g – паспортна продуктивність устаткування;

K_1 – коефіцієнт експлуатації устаткування;

K_2 – коефіцієнт завантаження устаткування;

n – кількість циклів завантаження на годину (приймаємо – 5)

$$N = \frac{5,79 + 0,233 + 1,93 + 0,965}{5 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 5} = 0,417$$

Обираємо один грейферний кран

Розрахуємо об'єм бункерів запасу з урахуванням зберігання 8 годин:

$$V = \frac{m \cdot \tau}{\rho \cdot K}$$

де: m – маса сировини, що надходить на склад за годину;

τ – нормативна тривалість зберігання сировини в бункері;

ρ – густина матеріалу;

K – коефіцієнт заповнення бункера (0,8 – 0,9);

$$\text{Для миколаївської глини } V = \frac{5,79 \cdot 1}{1,8 \cdot 0,9} = 3,57 \text{ м}^3$$

$$\text{Для кварцового піску } V = \frac{1,93 \cdot 4}{2 \cdot 0,9} = 4,28 \text{ м}^3$$

Для нифелін-сієніту
$$V = \frac{0,965 \cdot 8}{2,6 \cdot 0,7} = 4,24 \text{ м}^3$$

Для бою плиточного
$$V = \frac{0,233 \cdot 8}{2,1 \cdot 0,9} = 0,98 \text{ м}^3$$

Для кожного виду сировини встановлюємо окремий бункер об'ємом 5 м³.

Приготування глиняного шлікеру:

Розраховуємо кількість ящикових живильників:

Технічна характеристика ящикового живильника СМ – 1092

- продуктивність, м³/год 15
- об'єм ящика, м³ 2,9
- електродвигун N=4 кВт, n=750 об/хв.

Кількість живильників на для глини розраховуємо за формулою:

$$N = \frac{m}{P \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \rho}$$

P – продуктивність, м³/год;

ρ – густина матеріалу;

K₁, K₂ – коефіцієнти;

$$N_{\text{гл}} = \frac{5,79}{15 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 1,8} = 0,297$$

Встановлюємо 1 ящиковий живильник для кожного сировинного матеріалу.

Під кожним бункером запасу підвішується ваговий стрічковий дозатор марки СВ – 110.

Технічні характеристики вагового стрічкового дозатора:

- продуктивність, т/год 5
- електродвигун N = 0,6 кВт, n = 1500 об/хв.

Виходячи з матеріального балансу виробництва розрахуємо кількість дозаторів для кожного сировинного матеріалу по тому, який використовується найбільше:

$$N = \frac{m}{P \cdot K_1 \cdot K_2}$$

P – продуктивність м³/год; K₁, K₂ – коефіцієнти;

$$N = \frac{1,93}{5 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 0,45$$

Встановлюємо по 1 дозатору для кожного компонента.

Вибираємо для помелу матеріалів кульовий млин TNMP – 24.

Технічні характеристики млина:

–	корисний об'єм камери, м ³	8,2
–	загрузка матеріалу по сухій вазі, кг	4200
–	електродвигун (потужність), кВт	14

Продуктивність млина:

$$P = \frac{m}{\tau_n} = \frac{4200}{8} = 525 \text{ , кг/год}$$

Кількість млинів становить:

$$n = \frac{M_r}{P} = \frac{0,233 + 1,93 + 0,965}{0,525} = 5,95, \text{ шт.}$$

Встановлюємо 6 робочих млинів і один запасний.

Шлікер з млинів через вібросито і насоси поступає в спеціальні ємності для зберігання шлікеру.

Технічна характеристика вібросита СМ – 478

–	продуктивність, м ³ /год	30
–	електродвигун	N = 0,5 кВт, n = 1700 об/хв.

$$N = \frac{V_{шлік}}{P \cdot K_1 \cdot K_2}$$

$$N = \frac{5,16}{30 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 0,238$$

Встановлюємо 4 вібросита з насосами по 1 на 2 млини.

Після кульового млина, пройшовши через вібросито, глинистий шлікер поступає в басейн з пропелерною мішалкою RVP–750. Час перебування шлікеру в басейні складає 30 хв. Там відбувається перемішування його з електролітами.

Технічна характеристика басейну з пропелерною мішалкою СМ - 900:

–	діаметр гвинта, мм	750
–	об'єм, м ³	12

- електродвигун $N = 11$ кВт, $n = 319,8$ об/хв.

$$n = \frac{V \cdot \tau}{24 \cdot V_p \cdot K_3}$$

V – подати шлікеру, m^3 за добу;

V_p – об'єм басейну по паспорту, m^3 ;

K_3 – коефіцієнт використання;

τ – час перебування шлікеру в басейні, год.

$$n = \frac{112,19 \cdot 0,5}{24 \cdot 12 \cdot 0,9} = 0,216 \text{ шт}$$

Встановлюємо 1 басейн з об'ємом $12 m^3$.

Для відкачування шлікеру з басейна вибираємо відцентровий насос 5ПВ10 з характеристикою:

- продуктивність, $m^3/\text{год}$ 20
- електродвигун $N = 30$ кВт, $n = 90$ об/хв.

$$n = \frac{m/4 \cdot 0,5}{P \cdot K \cdot g_{\text{шлік}}}$$

m – подати шлікеру, т на добу;

P – продуктивність;

K – коефіцієнт використання;

$g_{\text{шлік}}$ – маса шлікеру, що виготовляється за добу

$$n = \frac{123,91/4 \cdot 0,5}{20 \cdot 0,9 \cdot 1,5} = 0,57 \text{ шт}$$

Встановлюємо 1 насос.

Приготування прес-порошку:

Розрахуємо кількість баштових розпилюючи сушарок.

Технічна характеристика БРС:

- продуктивність, т/год. 11
- об'єм сушильної башти, m^3 690.

$$n = \frac{m}{P \cdot K_1 \cdot K_2}$$

m – подати прес-порошку, т на годину; P – продуктивність; K_1 , K_2 – коефіцієнти;

$$n = \frac{6,09}{11 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 0,64 \text{ шт}$$

Встановлюємо 1 БРС.

Визначаємо об'єм бункера запасу прес-порошку для 3-х добового зберігання:

$$V = 1,11 \frac{P \cdot \tau}{\rho}$$

τ – нормативна тривалість зберігання сировини в бункері;

ρ – насипна густина матеріалу;

P – продуктивність по прес-порошку, т/год.

$$V = 1,11 \frac{4,39 \cdot 72}{1,150} = 305,08 \text{ м}^3$$

Встановлюємо 3 бункери діаметром 6 м та висотою 6 м.

Пресування плитки:

Технічна характеристика преса VIS1000:

- кількість пресувань, шт./хв. 25
- кількість прес-форм, шт. 3

За одну годину прес формує:

$$3 \cdot 25 \cdot 60 = 3000 \text{ шт./год.}$$

Переведемо продуктивність преса в м²:

$$3000 \cdot 0,09 = 270 \text{ м}^2/\text{год.}$$

$$n = \frac{S}{S_x \cdot K}$$

S – кількість плиток, яку необхідно відпресувати, м² за годину;

S_x – продуктивність преса, м² за годину;

K – коефіцієнт.

$$n = \frac{190,96}{270 \cdot 0,98} = 0,72 \text{ шт}$$

Встановлюємо один робочий прес і один запасний.

Встановлюємо одну поточно-конвеєрну лінію.

Сушіння плитки:

Робимо розрахунок сушарки. Питома продуктивність сушарки:

$$G = \frac{Q \cdot 100 \cdot Z_1}{Z_2 \cdot (100 - m)}$$

Q – продуктивність сушарки, $\text{м}^2/\text{рік}$;

Z_1 – час сушіння, год;

Z_2 – річний фонд часу роботи, год.;

m – відсоток браку при сушінні, %.

$$G = \frac{1706470,83 \cdot 100 \cdot 0,08}{8400 \cdot (100 - 4)} = 16,92 \text{ м}^2$$

Корисна площа сушарки:

$$S_n = \frac{16,92}{0,9} = 18,8 \text{ м}^2, \text{ де } \rho - \text{щільність садки, } \text{м}^2/\text{м}^2;$$

Довжина сушарки:

$$L = \frac{18,8}{1,5} = 12,53 \text{ м}, \text{ де } B - \text{ширина каналу};$$

Розрахунок площ складів сировини:

Площу відсіку обчислюють за формулою:

$$S = \frac{Q_v \cdot n_c}{h \cdot K_p},$$

Q – добова витрата сировини, м^3 ;

n_c – нормативний запас сировини, діб;

h – висота засипання сировини, м;

K_p – коефіцієнт розпушування сировини (0,4 – 0,6).

Для миколаївської глини
$$S = \frac{92,64 / 1,7 \cdot 30}{5 \cdot 0,5} = 653,92 \text{ м}^2$$

Для кварцового піску
$$S = \frac{30,88 / 2 \cdot 30}{5 \cdot 0,5} = 185,28 \text{ м}^2$$

Для нифелін-сієніту
$$S = \frac{15,44 / 2,6 \cdot 30}{5 \cdot 0,5} = 71,26 \text{ м}^2$$

Для бія плиточного
$$S = \frac{3,72 / 2,1 \cdot 30}{5 \cdot 0,5} = 21,25 \text{ м}^2$$

Площа (S_{MAT}), відведена під сировину, розраховується як сама сума площ відсіків усіх сировинних матеріалів. Площа складу зайнята під обладнання (S_{OBL}) і транспортні під'їзні шляхи (S_{TP}) визначається відповідно за формулами:

$$S_{MAT} = S_{zl} + S_{nic} + S_{неф-с} + S_{бій}$$

$$S_{MAT} = 653,92 + 185,28 + 71,26 + 21,25 = 931,71 \text{ м}^2$$

$$S_{OBL} = 0,35 \cdot S_{MAT}$$

$$S_{OBL} = 0,35 \cdot 931,71 = 326,1 \text{ м}^2$$

$$S_{TP} = 0,45 \cdot S_{MAT}$$

$$S_{TP} = 0,45 \cdot 931,71 = 419,27 \text{ м}^2$$

Загальна площа складу визначається як сума площ, відведених під складування матеріалів, площ, відведених під обладнання та транспортні шляхи та під'їзди:

$$S_{ЗАГ} = S_{MAT} + S_{OBL} + S_{TP}$$

$$S_{ЗАГ} = 931,71 + 326,1 + 419,27 = 1677,08 \text{ м}^2$$

2.6 Розрахунок основного тепло-технологічного агрегату

2.6.1 Розрахунок основних розмірів роликової печі

Згідно з даними АТ «Укртрансгаз» [41] теплота згорання газу за маршрутом №676 Краматорськ-Донецьк становить 34,985 МДж/м³. Компонентний склад газу наведений у табл 2.9.

Таблиця 2.9 – Компонентний склад природнього газу, % мол. (за даними роботи [41])

Вміст компонентів, % мол.						
CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	CO ₂	N ₂
91,97	3,61	0,8	0,07	0,1	0,39	3,06

Вихідні дані для проведення конструктивних розрахунків роликової печі представлені в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Характеристики роликової печі

Продуктивність печі, м ² /рік	1 500 000
Максимальна температура обпалу °C	1200
Час випалу, год	0,7 (42 хв)

1. Визначимо питому продуктивність печі, м²/рік

$$C_{\pi} = \frac{Q \cdot 100 \cdot \tau}{Z \cdot (100 - m)},$$

де Q – продуктивність печі, м²/рік;

τ – час випалу, год;

Z – число годин роботи печі за рік, яке приймається рівним

$$Z = 350 \cdot 24 = 8400 \text{ год};$$

m – відсоток браку при випалі;

$$C_{\pi} = \frac{1500000 \cdot 100 \cdot 0,7}{8400 \cdot (100 - 3)} = 128,87 \text{ м}^2 / \text{рік},$$

2. Визначаємо корисну площу печі:

$$S_k = C_{\pi} / g,$$

де g – щільність садки, м²/м²

$$S_K = \frac{128,87}{0,7} = 184, \text{м}^2,$$

Визначаємо довжину печі:

$$L = 184/1,95 = 94,36 \approx 95 \text{м}.$$

3. В залежності від режиму тепло обробки печі по довжині розділяють на ділянки та зони:

$$L_i = \frac{L_{\text{п}} \cdot \tau_i}{\tau}$$

де L_i – довжина і-тої ділянки печі, м

τ_i – час перебування виробу на і-тій ділянці печі, хв..

$$\text{Зона підігріву } \tau_1 = 20 \text{ хв} \quad L_{\text{підігр}} = \frac{95 \cdot 20}{42} = 45,24 \text{м}$$

$$\text{Зона випалу } \tau_2 = 8 \text{ хв} \quad L_{\text{вип}} = \frac{95 \cdot 8}{42} = 18 \text{м}$$

$$\text{Зона підігріву } \tau_3 = 14 \text{ хв} \quad L_{\text{вип}} = \frac{95 \cdot 14}{42} = 31,76 \text{м}$$

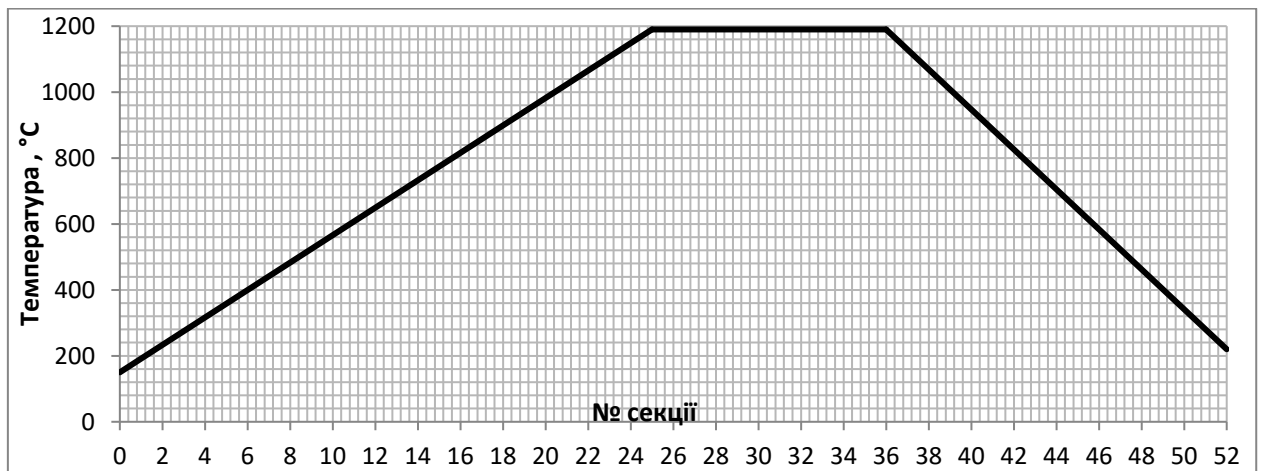


Рисунок 2.3 – Умовна крива випалу керамічної плитки

4. Визначаємо масу випалених виробів:

$$G_{\text{вип}}^{\text{вир}} = \frac{Q \cdot P \cdot 100}{Z \cdot (100 - \text{в.п.п.})}$$

$$G_{\text{вип}}^{\text{вир}} = \frac{1500000 \cdot 21,5 \cdot 100}{8400 \cdot (100 - 4,05)} = 4001,34 \text{кг}$$

5. Визначаємо масу сухих виробів:

$$G_{\text{вир}}^{\text{сух}} = \frac{G_{\text{п}} \cdot 100}{100 - W_{\text{п}}}$$

де $W_{\text{п}}$ – початкова вологість матеріалу

$$G_{\text{вир}}^{\text{сух}} = \frac{4001,34 \cdot 100}{100 - 7} = 4302,51 \text{ кг / год}$$

6. Визначаємо кількість газоподібних продуктів:

$$G_{\text{прод}}^{\text{газоп}} = G_{\text{вир}}^{\text{сух}} - G_{\text{вир}}^{\text{вип}}$$

$$G_{\text{прод}}^{\text{газоп}} = 4302,51 - 4001,34 = 301,17 \text{ кг}$$

7. Визначаємо масу матеріалу що надходить у піч:

$$G_{\text{мат-лу}}^{\text{вол}} = \frac{G_{\text{вир}}^{\text{сух}} \cdot 100}{100 - W_{\text{к}}}$$

де $W_{\text{к}}$ – кінцева вологість матеріалу

$$G_{\text{мат-лу}}^{\text{вол}} = \frac{4302,51 \cdot 100}{100 - 1,5} = 4368,03 \text{ кг / год}$$

8. Визначаємо кількість вологи що видаляється:

$$G_{\text{вол}} = G_{\text{мат-лу}}^{\text{вол}} - G_{\text{вир}}^{\text{сух}}$$

$$G_{\text{вол}} = 4368,03 - 4302,51 = 65,52 \text{ кг / год}$$

2.6.3 Розрахунок теплового балансу роликової печі

Тепловий баланс зон підігріву та випалу

Статті приходу теплоти :

1. Теплота, яка вноситься паливом, що згорає :

$$Q_1^{\text{пр}} = Q_{\text{н}}^{\text{р}} \cdot X$$

де X – годинна витрата палива, $\text{м}^3/\text{год}$,

$$Q_1^{\text{пр}} = 34985 \cdot X \quad , \text{кДж}$$

2. Теплота, яка вноситься повітрям, що йде на горіння :

$$Q_2^{\text{пр}} = V_{\alpha}^{\text{w}} \cdot C_{\text{пов}}^{\text{навк.сер}} \cdot t_{\text{пов}}^{\text{навк.сер}} \cdot X$$

де V_{α}^{w} - витрата повітря, що поступає на горіння 1 м^3 палива;

$C_{\text{пов}}^{\text{навк.сер}}$ – теплоємність повітря при температурі навколишнього середовища $t_{\text{пов}}^{\text{навк.сер}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Теплоємність повітря з вологовмістом d розраховуємо як активну властивість. На кожен 1 м^3 сухого повітря приходить 0,0016· d м^3 парів води, відповідно, суміш має об'єм $(1 + 0,0016 \cdot d)$ м^3 долі компонентів в суміші дорівнюють:

$$\frac{1}{(1 + 0,0016 \cdot d)} \text{— для повітря;}$$

$$\frac{0,0016 \cdot d}{(1 + 0,0016 \cdot d)} \text{—для парів води;}$$

Тоді,

$$C_{\text{пов}}^{\text{навк.сер}} = \frac{1}{(1 + 0,0016 \cdot d)} \cdot C_{\text{пов}}^{\text{сух}} + \frac{0,0016 \cdot d}{(1 + 0,0016 \cdot d)} \cdot C_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{пара}}$$

$$C_{\text{пов}}^{\text{навк.сер}} = \frac{1}{(1 + 0,0016 \cdot 10)} \cdot 1,005 + \frac{0,0016 \cdot 10}{(1 + 0,0016 \cdot 10)} \cdot 1,4965 = 1,3009 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$Q_2^{\text{np}} = 10,236 \cdot 1,3009 \cdot 20 \cdot X = 266,32 \cdot X \text{ , кДж}$$

3. Теплота, яка вноситься виробами:

$$Q_3^{\text{пр}} = G_{\text{вир}}^{\text{вол}} \cdot C_{\text{вир}}^{\text{w}} \cdot t_{\text{вир}}$$

$$C_{\text{вир}}^{\text{w}} = \left(\frac{G_{\text{вир}}^{\text{сух}}}{G_{\text{вир}}^{\text{w}}} \right) \cdot C_{\text{вир}}^{\text{сух}} + \left(\frac{G_{\text{вир}}^{\text{w}}}{G_{\text{вир}}^{\text{w}}} \right) \cdot C_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$C_{\text{вир}}^{\text{w}} = \left(\frac{4302,51}{4368,03} \right) \cdot 0,8 + \left(\frac{65,52}{4368,03} \right) \cdot 1,4965 = 0,81 \text{ кДж / м}^3 \cdot \text{град}$$

$$Q_3^{\text{пр}} = G_{\text{вир}}^{\text{вол}} \cdot C_{\text{вир}}^{\text{w}} \cdot t_{\text{вир}}$$

$$Q_3^{\text{np}} = 4368,03 \cdot 0,81 \cdot 40 = 141524,17 \text{ кДж}$$

Статті витрати теплоти:

1. Теплота, яка вноситься виробами в зону охолодження:

$$Q_1^{\text{в}} = G_{\text{вир}}^{\text{вип}} \cdot C_{\text{вир}}^{\text{вип}} \cdot t_{\text{вип}},$$

де $C_{\text{вир}}^{\text{вип}}$ – теплоємність виробів при температурі $t_{\text{вип}}$

$$Q_1^{\text{с}} = 4001,34 \cdot 1,1 \cdot 1200 = 5281768,8 \text{ кДж}$$

2. Теплота, яка витрачається на випаровування вологи матеріалу:

$$Q_2^{\text{в}} = G^{\text{w}} \cdot 2500,$$

де 2500 – питома теплота випаровування води, кДж/кг,

$$Q_2^{\text{с}} = 65,52 \cdot 2500 = 163800 \text{ кДж}$$

3. Теплота, яка витрачається на хімічні реакції:

$$Q_3^{\text{в}} = \sum_{\text{qix.p}} G_{\text{ix.p}}$$

Де $\sum_{\text{qix.p}}$ – теплота протікання різних фізико-хімічних процесів, віднесена до 1 кг оксиду у випаленій продукції, кДж/кг,

$G_{\text{ix.p}}$ – кількість оксидів, за якими розраховують теплові ефекти, кг/г;

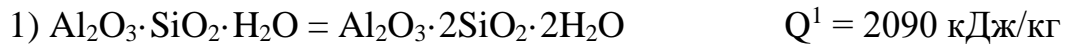
$$G_{\text{ix.p}} = 0,01 \cdot n_i \cdot G_{\text{вир}}^{\text{вип}}$$

$$G_{\text{ix.p}} = 0,01 \cdot n_i \cdot 5396,73 \text{ кг/г}$$

n_i – процентні вмісти оксидів у випаленій масі.

В процесі випалу проходять реакції утворення оксидів Al_2O_3 , MgO , CaO .

Ці реакції характеризуються наступними тепловими ефектами (на 1 кг оксиду):



Тепловий ефект кожної реакції можна визначити із процентного складу відповідного оксиду у випаленому матеріалі:

$$Q^1_3 = 2090 \cdot 0,01 \cdot 21,01 \cdot 5396,37 = 2\,369\,594,63 \text{ кДж/год}$$

$$Q^2_3 = 3177 \cdot 0,01 \cdot 0,7 \cdot 5396,37 = 120\,009,87 \text{ кДж/год}$$

$$Q^3_3 = 2750 \cdot 0,01 \cdot 0,67 \cdot 5396,37 = 99\,428,11 \text{ кДж/год}$$

$$Q^B_3 = Q^1_3 + Q^2_3 + Q^3_3 = 2\,589\,032,61 \text{ кДж/год}$$

4. Теплота, яка виноситься з печі продуктами горіння:

$$Q^B_4 = Q'_4 + Q''_4$$

Q^B_4 - теплота, яка виноситься продуктами горіння палива;

$$Q'_4 = V_{\text{пр.г}} \cdot C_{\text{пр.г}} \cdot t_{\text{yx}} \cdot X$$

$C_{\text{пр.г}}$ – теплоємність продуктів горіння палива;

$$C_{\text{пр.г}} = \sum 0,01 \cdot C_i \cdot n_i$$

$$C_{\text{пр.г}} = 0,01 \cdot (1,7003 \cdot 8,68 + 1,5052 \cdot 18,97 + 1,3176 \cdot 1,7 + 1,259 \cdot 70,65) = 1,345 \text{ кДж/м}^3 \text{K}$$

$$Q'_4 = 1,345 \cdot 110 \cdot 11,346 = 1678,6 \cdot X$$

Q''_4 - теплота, яка виноситься з печі фізичною та гідратною вологою:

$$Q''_4 = \left(\frac{G^w + G^w_{\text{г}}}{0,804} \right) C_{\text{в.п}} \cdot t_{\text{yx}}$$

$C_{\text{в.п}}$ – теплоємність водяних парів при температурі t_{yx} димових газів, що відходять;

$$Q''_4 = \left(\frac{65,52 + 301,17}{0,804} \right) \cdot 1,5052 \cdot 110 = 75514,42 \text{ кДж/кг}$$

Тоді

$$Q^B_4 = 1678,6 \cdot X + 75514,42$$

5. Теплота, яка витрачається через футерівку:

$$Q^B_5 = 3,9 \cdot K \cdot F \cdot (t_{\text{п.г}} - t_{\text{навк.серед}}),$$

де $t_{\text{п.г}}$ – середня температура пічних газів на ділянці, °C;

K – коефіцієнт теплопередачі;

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

де α_1 – коефіцієнт теплопередачі від пічних газів до стінки робочого простору печі, Вт/м²·К;

$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – сума теплових опорів окремих шарів кладки;

δ_i – товщина шарів кладки, м;

λ_i – теплопровідність матеріалів відповідних шарів, Вт/м·К;

α_2 – коефіцієнт теплопередачі від зовнішньої поверхні стінок в навколишнє середовище, Вт/м²·К;

F – поверхня теплогороджувальної конструкції, м².

$$\alpha_1 = \alpha_{\text{випр}} + \alpha_{\text{конв}},$$

де $\alpha_{\text{випр}}$ і $\alpha_{\text{конв}}$ – коефіцієнт теплопередачі відповідно випромінювання та конвекції.

$$\alpha_{\text{випр}} = \frac{q_{\text{випр}}}{t_{\text{п.г.}} - t_{\text{в.п.}}},$$

де $q_{\text{випр}}$ – питомий тепловий потік, Вт/м²,

$$q_{\text{випр}} = \frac{5,7}{\frac{1}{\varepsilon_{\text{г}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{ст}}} - 1} \left[\left(\frac{T_{\text{п.г.}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{в.п.}}}{100} \right)^4 \right],$$

де $T_{\text{п.г.}}$ та $T_{\text{в.п.}}$ – абсолютна температура відповідно продуктів горіння та внутрішньої поверхні стін;

$\varepsilon_{\text{ст}}$ – ступінь чорноти кладки, $\varepsilon_{\text{ст}} = 0,8 \dots 0,9$;

$\varepsilon_{\text{г}}$ – ступінь чорноти газів, котра залежить від парціального тиску випромінюючих газів CO₂ та H₂O, ефективна товщина газового шару та температури:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_{\text{CO}_2} + \beta \cdot \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}},$$

де $\varepsilon_{\text{CO}_2}$ – ступінь чорноти діоксида вуглецю, яку визначають по залежності від температури $T_{\text{п.г.}}$ та добутку парціального тиску на ефективну товщину газового шару $P \cdot S_{\text{еф}}$ (визначається по графікам);

$\varepsilon_{\text{H}_2\text{O}}$ – ступінь чорноти водяних парів, визначають аналогічно $\varepsilon_{\text{CO}_2}$;

β – поправний коефіцієнт на парціальний тиск водяної пари, що залежить від $P_{\text{H}_2\text{O}}$ та добутку $P \cdot S_{\text{еф}}$.

Значення парціального тиску $P_{\text{H}_2\text{O}}$ та P_{CO_2} чисельно рівні утриманню у відсотках (по об'єму) цих газів в продуктах горіння.

Ефективну товщину газового слою визначають за формулою:

$$S_{ef} = 3,6 \frac{V}{F},$$

де V – об'єм, заповнений випромінюючим газом між садкою і внутрішньою стінкою печі, м³;

F – площа стін та садки, що сприймають випромінювання, м².

$$V = (F_{роб} - F_{сад}) \cdot L_{зони I}$$

Коефіцієнт теплопровідності конвекції визначають за формулою:

$$\alpha_{конв} = \frac{0,018 \cdot \lambda}{d} \cdot Re^{0,8},$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності димових газів;

d – приведений діаметр каналу печі:

$$d = \frac{4F_r}{P};$$

F_r – площа каналів між садкою та огородженням, м²;

P – периметр каналу печі, м;

Re – критерій Рейнольдса,

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu};$$

w – швидкість руху димових газів, м/с;

ν – кінематична в'язкість димових газів, м²/с.

Для визначення коефіцієнта теплопровідності від зовнішньої поверхності стінок в навколишнє середовище використовують формулу:

$$\alpha_2 = A \cdot \sqrt[4]{t - t_{навк.сер}} + \frac{5,7 \cdot \varepsilon_{ст}}{t - t_{навк.сер}} \cdot \left[\left(\frac{T_H}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{навк.сер.}}{100} \right)^4 \right],$$

де A – коефіцієнт, враховуючий орієнтацію теплопровідної поверхності,

$A = 2,6$ – для вертикальної поверхності;

$A = 3,3$ – для вертикальної поверхності при теплопровідності вгору;

$A = 1,6$ – для вертикальної поверхності при теплопровідності вниз.

По зонах:

Середня температура пічних газів на ділянці:

– зона підігріву: $t = 550$ °С;

– зона випалу: $t = 1190$ °С;

– зона охолодження: $t = 575$ °С;

Середня температура внутрішньої стінки печі:

– зона підігріву: $t = 540,9$ °С;

– зона випалу: $t = 1160,7$ °С;

– зона охолодження: $t = 551,4$ °С;

Довжина ділянки:

– зона підігріву: $l_{уч} = 45,24$ м;

– зона випалу: $l_{уч} = 18$ м;

– зона охолодження: $l_{уч} = 31,76$ м;

Попередньо були розраховані необхідні для розрахунку дані:

$F_{роб} = 1,95 \times 1,2 = 2,34$ м² - площа робочого перерізу печі;

$F_{сад} = 0,09 \times F_{роб} = 0,09 \times 2,34 = 0,21$ м² - площа перерізу садки.

Об'єм, котрий заповнений випромінюючим газом:

$$V = (F_{роб} - F_{сад}) \cdot L_{зониI};$$

$$V_{під} = (2,34 - 0,21) \times 45,24 = 96,36 \text{ м}^3;$$

$$V_{вип} = (2,34 - 0,21) \times 18 = 38,34 \text{ м}^3;$$

$$V_{охол} = (2,34 - 0,21) \times 31,76 = 67,64 \text{ м}^3;$$

Площа стін та садки, сприймаючі випромінювання:

$$F = 2h_k \times l_{уч} + 2B \times l_{уч} + 2h_c \times l_{уч},$$

де B – ширина каналу печі, м;

h_k – висота від пода до зводу печі, м;

h_c – висота садки, м, приймаєм: $h_c = 0,09$;

$$F_{під} = 2 \times 1,2 \times 45,24 + 2 \times 1,95 \times 45,24 + 2 \times 0,09 \times 45,24 = 293,15 \text{ м}^2$$

$$F_{вип} = 2 \times 1,2 \times 18 + 2 \times 1,95 \times 18 + 2 \times 0,09 \times 18 = 116,64 \text{ м}^2$$

$$F_{охол} = 2 \times 1,2 \times 31,76 + 2 \times 1,95 \times 31,76 + 2 \times 0,09 \times 31,76 = 205,8 \text{ м}^2$$

Ефективна товщина газового слою:

$$S_{эф} = 3,6 \frac{V}{F};$$

$$S_{эф\ під} = 3,6 \times \frac{96,36}{293,15} = 1,19 \text{ м},$$

$$S_{эф\ вип.} = 3,6 \times \frac{38,34}{116,64} = 1,19 \text{ м};$$

$$S_{эф\ охол} = 3,6 \times \frac{67,64}{205,8} = 1,19 \text{ м},$$

Розраховуємо похідну $P \times S_{эф}$:

$$P_{CO_2} \times S_{\text{эф}} \text{ та } P_{H_2O} \times S_{\text{эф}}, \text{ де:}$$

P_{CO_2} та P_{H_2O} (кН/м²) – значення парціального тиску відповідно CO₂ та H₂O, чисельно дорівнює отриманню у відсотках (по об'єму) цих газів в продуктах горіння.

Відповідно до розрахунків продуктів горіння включається:

CO₂ - 8,68 %, H₂O – 18,97 % тобто, $P_{CO_2} = 8,68$ кН/м², $P_{H_2O} = 18,97$ кН/м²;

$$P_{CO_2} \times S_{\text{эф}} = 8,68 \cdot 1,19 = 10,33 \text{ м кН/м}^2,$$

$$P_{H_2O} \times S_{\text{эф}} = 18,97 \cdot 1,19 = 22,57 \text{ м кН/м}^2.$$

За даними $P \times S_{\text{эф}}$ та $\tau_{\text{п.г.}}$ печі визначаємо ступінь чорноти H₂O та CO₂ за допомогою графіків, та поправочний коефіцієнт для ε_{H_2O} : β

При $\tau_{\text{п.г.}} = 550$ °C, $\varepsilon_{CO_2} = 0,15$, $\varepsilon_{H_2O} = 0,14$, $\beta = 1,1$;

$\tau_{\text{п.г.}} = 1190$ °C, $\varepsilon_{CO_2} = 0,1$, $\varepsilon_{H_2O} = 0,09$, $\beta = 1,1$;

$\tau_{\text{п.г.}} = 575$ °C, $\varepsilon_{CO_2} = 0,15$, $\varepsilon_{H_2O} = 0,13$, $\beta = 1,1$;

$$\varepsilon_{\text{г}} = \varepsilon_{CO_2} + \beta \cdot \varepsilon_{H_2O}$$

Таблиця 2.11 – Результати ступенів чорноти газів для зон печі

Зона	ε_{CO_2}	ε_{H_2O}	β	$\varepsilon_{\text{г}}$
Нагріву	0,15	0,14	1,1	0,304
Виpalу	0,1	0,09	1,1	0,199
Охолодження	0,15	0,13	1,1	0,293

Периметр початку печі розраховуємо за формулою:

$$P = 2h_k + 2B + 2h_c,$$

$$P = 2 \cdot 1,2 + 2 \cdot 1,95 + 2 \cdot 0,09 = 7,1 \text{ м};$$

Приведений діаметр каналу печі розраховуємо за формулою:

$$d = \frac{4 \cdot (F_{\text{роб}} - F_{\text{сэд}})}{P};$$

$$d = \frac{4 \cdot (2,34 - 0,21)}{7,1} = 1,2 \text{ м};$$

Визначаємо критерій Рейнольдса:

$$Re = Wd/\nu,$$

де:

W – швидкість руху димових газів, (приймаємо $W=2,5$ м/с),

ν – кінематична вязкість димових газів м²/с.

$$\begin{aligned} Re_{\text{під}} &= 2,5 \times (1,2/85 \times 10^{-6}) = 35294,12; \\ Re_{\text{ви́п.}} &= 2,5 \times (1,2/219 \times 10^{-6}) = 13698,63; \\ Re_{\text{о́хол.}} &= 2,5 \times (1,2/89,3 \times 10^{-6}) = 33594,63; \end{aligned}$$

Коефіцієнт теплопровідності димових газів:

$$\lambda_{550} = 0,0699 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{1190} = 0,125 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}; \lambda_{575} = 0,0721 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

Площа стін: $F_{\text{ст}} = 2h_{\text{к}} \times l_{\text{уч}};$

$$F_{\text{ст}}^{550} = 2 \times 1,2 \times 45,24 = 108,57 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{ст}}^{1190} = 2 \times 1,2 \times 18 = 43,2 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{ст}}^{575} = 2 \times 1,2 \times 31,76 = 76,22 \text{ м}^2;$$

Площа свода:

$$F_{\text{св}} = B \times l_{\text{цч}};$$

$$F_{\text{св}}^{550} = 1,95 \times 45,24 = 88,21 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{св}}^{1190} = 1,95 \times 18 = 35,1 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{св}}^{575} = 1,95 \times 31,76 = 61,93 \text{ м}^2;$$

Розрахунок теплових втрат в зоні нагріву

Середня температура газів (визначено раніше) $T_{\text{г}} = 550 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Приймаємо середню температуру внутрішньої стінки $T_{\text{ст1}} = 540,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Середню температуру зовнішньої стінки $T_{\text{ст2}} = 53,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Температура зовнішнього повітря, $T_{\text{н}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Приведений діаметр каналу приймаємо рівним $S_{\text{еф}}: d = 1,19 \text{ м.}$

Приймаємо:

Ступінь чорноти стінок внутрішньої поверхні футерівки $\varepsilon_{\text{ф}} = 0,9;$

Ступінь чорноти зовнішньої поверхні печі $\varepsilon_{\text{з}} = 0,8.$

Ступінь чорноти димових газів $\varepsilon_{\text{г}} = 0,304$

Густина потоку радіацією (Вт/м²):

$$q_{\text{вир}} = \frac{5,7}{\frac{1}{\varepsilon_{\text{ф}}} + \frac{1}{\varepsilon_{\text{з}}} - 1} \left[\left(\frac{T_{\text{г}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{ст1}}}{100} \right)^4 \right] = \frac{5,7}{\frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,304} - 1} \left[\left(\frac{550 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{540,9 + 273}{100} \right)^4 \right] = 334,51 \text{ Вт/м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі радіацією:

$$\alpha_{\text{вир}} = \frac{q_{\text{вир}}}{t_{\text{з}} - t_{\text{ст1}}} = \frac{334,51}{550 - 540,9} = 36,76 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією при турбулентному русі газу у каналах:

$$\alpha_{\text{конв}} = \frac{0,018 \cdot \lambda}{d} \cdot \text{Re}^{0,8} \cdot \phi = \frac{0,018 \cdot 0,0699}{1,2} \cdot 35294,12^{0,8} \cdot 1 = 4,55 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$\lambda = 0,0699$ – коефіцієнт теплопровідності газів, Вт/(м·К) (табл. 4.1);

d – приведений діаметр каналу, м;

Re – критерій Рейнольдса;

ϕ – поправочний коефіцієнт, що залежить від співвідношення довжини і приведенного діаметра каналу. Для довгих і вузьких каналів $\phi = 1$.

По наведеній вище формулі сумарний коефіцієнт тепловіддачі від газів до внутрішньої стінки печі α_1 дорівнює:

$$\alpha_1 = \alpha_k + \alpha_p = 4,55 + 36,76 = 41,31 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Тепловіддача від зовнішньої поверхні печі у навколишнє середовище. Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією:

$$\alpha_k = K \sqrt[4]{\Delta t} = 3 \sqrt[4]{53,3 - 20} = 7,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де K коефіцієнт, що залежить від напрямку тепловіддачі: $K = 3,3$ (від склепіння – угору), $K = 2,6$ (від бокової стінки – вбік). Для спрощення приймаємо усереднене значення – $K = 3$.

Густина потоку радіацією:

$$q_{\text{вир}} = 5,7 \cdot \varepsilon_3 \cdot \left[\left(\frac{T_{\text{см2}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_n}{100} \right)^4 \right] = 5,7 \cdot 0,8 \cdot \left[\left(\frac{53,3 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] = 443,23 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі радіацією:

$$\alpha_{\text{вир}} = \frac{q_{\text{вир}}}{t_{\text{см2}} - t_n} = \frac{443,23}{53,3 - 20} = 13,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

Сумарний коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_2 = \alpha_k + \alpha_p = 7,2 + 13,3 = 20,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Приймаємо наступну конструкцію стінки печі:

1-й шар – шамот.

Товщина $\delta_1 = 0,33$ м.

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda_1 = 1,23 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$

2-й шар – цегла.

Товщина $\delta_2 = 0,13$ м.

Коефіцієнт теплопровідності: $\lambda_1 = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

Загальний коефіцієнт теплопередачі в зоні нагріву становитиме:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{41,31} + \frac{0,33}{1,23} + \frac{0,13}{0,8} + \frac{1}{20,5}} = 1,984 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Середня густина теплового потоку в зоні нагріву:

$$q = K \cdot (t_r - t_n) = 1,984 \cdot (550 - 20) = 1051,52 \text{ Вт/м}^2$$

$$\text{або } q = 3,6 \cdot 1051,52 = 3785,47 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{год)}.$$

$$Q_5^B = q \cdot F = 3785,47 \cdot 66 = 249743,7 \text{ кДж/год}.$$

Зона випалу та зона охолодження

Розрахунок виконується аналогічно попередньому

Таблиця 2.12 – Витрати теплоти через футерівку в різних зонах печі

Підігрів	249743,7 кДж/год
Випал	236950,67 кДж/год
Охолодження	138317,12 кДж/год

$$Q_5^S = 249743,7 + 236950,7 + 138317,12 = 625011,48$$

Невраховані витрати теплоти:

$$Q_{невр} = 0,05 \cdot 34985 \cdot X = 1749,29 \cdot X$$

$$\sum Q^{np} = \sum Q^B$$

$$34985 \cdot X + 266,32 \cdot X + 141524,17 = 5281768,8 + 163800 + 2589032,61 + \\ + 1678,6 \cdot X + 75514,42 + 625011,48 + 1749,29 \cdot X$$

$$31824,238 \cdot X = 8593603,14$$

$$X = 270,03 .$$

Числове значення витрати теплоти дозволяє розрахувати всі статті і скласти таблицю теплового балансу зон підігріву та випалу.

Складемо тепловий баланс зон підігріву та випалу і занесемо до таблиці:

Таблиця 2.13 – Тепловий баланс зон підігріву та випалу

Прихід теплоти			Витрата теплоти		
Найменування статті	Кількість теплоти		Найменування статті	Кількість теплоти	
	кДж/год	%		кДж/год	%
Теплота, внесена паливом, що згорає	9 447 217,73	97,79	Теплота, що вноситься виробами в зону охолодження	5 281 768,8	58,9
Теплота, що вноситься повітрям	71 914,38	0,74	Теплота, що витрачається на хімічні реакції	2 589 032,61	25,3
Теплота, що вноситься з виробами	141 524,17	1,47	Теплота, що витрачається на випаровування вологи	163 800	2
			Теплота, що виноситься з печі продуктами горіння	453 272,36	5,5
			Теплота, що витрачається через футерівку	625 011,48	5,7
			Невраховані витрати	472 360,77	4,6
Σ	9 660 656,28	100	Σ	9 585 246,02	100

$$\text{Нев'язка} : \frac{(9660656,28 - 9585246,02)}{9660656,28} \cdot 100\% = 0,78\%$$

Тепловий баланс зони охолодження

Статті приходу теплоти.

1. Теплота, яка вноситься випаленими виробами:

$$Q_{\text{пр}}^{\text{із.ох}} = Q_{\text{в}}^{\text{із.вип}}$$

$$Q_{\text{пр}}^{\text{із.ох}} = 5281768,8 \text{ кДж/год}$$

Статті витрати теплоти.

1. Теплота, яка виноситься виробами з печі:

$$Q_1^{\text{в}} = G_{\text{вир}}^{\text{вип}} \cdot C_{\text{вир}} \cdot t_{\text{вир}}^{\text{вих}},$$

Де $C_{\text{вир}}$ і $t_{\text{вир}}^{\text{вих}}$ - теплоємність і температура виробів на виході з печі.

$$Q_1^{\text{в}} = 4001,34 \cdot 0,8 \cdot 40 = 128042,88 \text{ кДж}$$

2. Витрати теплоти через футерівку зони охолодження:

Розрахунок проводимо аналогічно розрахункам в зонах підігріву та випалу.

$$Q_2^B = 48302,03 + 46930,69 + 43084,40 = 138317,12 \text{ кДж/год}.$$

3.Теплота, яка відводиться на сторону:

$$Q_3^B = G_{\text{вир}}^B \cdot C_{3,OX}^B \cdot V_{3,OX}^B \cdot t_{3,OX}^B$$

$$Q_3^B = V_{3,OX}^B \cdot 1,3076 \cdot 250 = V_{3,OX}^B \cdot 326,9$$

4.Невраховані витрати:

$$Q_4^B = 0,03 \cdot \sum Q_{\text{пр}}$$

$$Q_4^B = 0,03 \cdot 5281768,8 = 158453,06 \text{ кДж/год}$$

Визначаємо об'єм повітря, яке подається на охолодження виробів:

$$V_{3,OX}^B = \frac{\sum Q^{\text{пр}} - \sum Q^B}{C_{3,OX}^B \cdot t_{3,OX}^B}$$

$$V_{3,OX}^B = \frac{5281768,8 - 128042,88 - 138317,12 - 158453,06}{250 \cdot 1,3076} = 14857,62 \text{ м}^3$$

Таблиця 2.14 – Тепловий баланс зони охолодження

Прихід			Витрата		
Найменування статті	Кількість теплоти		Найменування статті	Кількість теплоти	
	кДж/год	%		кДж/год	%
Теплота, яка виноситься виробами	5 281 768,8	100	Теплота, яка виноситься виробами з печі	128 042,88	2,42
			Теплота, яка відводиться на сторону	4 856 955,97	91,95
			Витрати теплоти через футерівку зони охолодження	138 317,12	2,61
			Невраховані витрати	158453,06	3,02
Σ	5 281 768,8	100	Σ	5 281 769,03	100

$$\text{Нев'язка: } \frac{(5281768,8 - 5281769,03)}{5281769,03} \cdot 100\% = 4 \cdot 10^{-6}\%$$

Складаємо загальний тепловий баланс печі, приведений в табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Тепловий баланс печі

Прихід			Витрата		
Найменування статті	Кількість теплоти		Найменування статті	Кількість теплоти	
	кДж/год.	%		кДж/год.	%
Теплота,внесе-на паливом,що згорає	9 447 217,73	97,79	Теплота,що витрачається на випаровування вологи	163 800	2,15
Теплота, що вноситься повітрям	71 914,38	0,74	Теплота,що витрачається на хімічні реакції	2 589 032,61	27,09
Теплота, що вноситься з виробами	141524,17	1,47	Теплота, що виноситься з печі продуктами горіння	453 272,36	5,73
			Теплота,що витрачається через футерівку	625011,48	5,77
			Теплота, яка відводиться на сторону	4 856 955,97	56,83
			Теплота, яка виноситься виробами з печі	128 042,88	1,68
			Невраховані витрати	630 813,83	4,80
Σ	9 660 656,28	100	Σ	9 446 929,13	100

$$\text{Нев`язка : } \frac{(9660656,28 - 9446929,13)}{9660656,28} \cdot 100\% = 2,21\%$$

Розрахуємо коефіцієнт корисної дії печі:

$$\eta = \frac{2589032,61 + 453272,36}{9447217,73} = 0,322 .$$

Питома витрата палива на одиницю продукції:

$$q = \frac{X \cdot Q_n^p}{G_{\text{вип}}^{\text{вир}}},$$

$$q = \frac{270,03 \cdot 34985,808}{4001,34} = 2361,01 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} .$$

2.7 Генеральний план підприємства

Для майбутнього будівництва була обрана територія на західній околиці міста Дружківка розміром 9 га. Обрана територія не є рекреаційною зоною, не є відведеною під сільсько-господарські угіддя, зоною лісового фонду.

Місце розташування знаходиться за 100м до гілки Донецької залізниці та 5 км до траси національного значення Н-20, що дозволяє легко організовувати логістичні операції.

Для виробництва потрібно велика кількість води для технологічних операцій та процесів. За 180 метрів від території будівництва протікає річка Казений Торець. Це відповідає вимогам будівництва не ближче 150 метрів до берегової лінії. Річка є проточною і повноводною, що дозволить здійснювати водозабор і водовідведення.

Будівлі на території підприємства необхідно розташовувати по ходу технологічних операцій, які для виробництва керамічної плитки відповідають технологічній схемі[рис.2.2].

Біля головної прохідної, у південно-західній частині ділянки, розміщено адміністративний корпус. Навпроти нього розташований масо-заготівельний відділ, який конструкційно об'єднано із головним виробничим цехом, який, в свою чергу об'єднано із складом сировинних матеріалів, що полегшує і робить дешевшим транспортування сировини по території заводу.

Для організації змінної цілодобової роботи в головному цеху у вигляді побутового приміщення передбачено – санітарні вузли, душові блоки, роздягальні та кімнати відпочинку.

На схід від головного виробничого цеху побудований склад готової продукції, що облаштований двома рампами для розвантажувально-завантажувальних робіт.

На території заводу передбачена гілка залізної дороги, що проходить через склад готової продукції та склад сировинних матеріалів.

Зі сторони протікання річки (південно-західна частина території), розміщено дільницю водоочистки, біля якої розташований адміністративний корпус та склад для запасів.

Електропідстанція і газорозподільчий пункт розведені по території, і знаходяться так, щоб можна було легко завести комунікації з населеного пункту.

Також біля адміністративного пункту та другої прохідної знаходяться автомобільні парковки для робітників заводу.

Для виробництва керамічної плитки вибираємо одноповерхову, однопрогонові з комбінованим освітленням виробничу будівлю. Всі елементи промислових будівель підрозділяються на несучі та огорожувальні. Огороджувальні елементи призначені для захисту будівель від атмосферних впливів. До них відносяться зовнішні і внутрішні стіни, верхня частина покриттів, вікна, двері, ліхтарі, підлоги та ін. Несучі конструкції приймають навантаження. До них відносяться фундаменти, балки, ферми і т.п [30].

Фундаментом називається частина будівлі або споруди, що знаходиться, нижче поверхні землі та передає навантаження від будівлі на товщину ґрунту. Для даної будівлі використовуються окремо стоячі залізобетонні фундаменти. Фундамент заглиблений на 1,5 м. Фундаменти під обладнання закладені залізобетонні [31].

Покриття будівель служить для захисту внутрішніх приміщень від атмосферних опадів і зовнішньої температури. В якості несучих конструкцій покриттів використовується залізобетонна ферма. Проріз колон становить 48 м. На несучі конструкції укладають плити покриття. У цьому будинку при кроці несучих конструкцій 6м застосовуються залізобетонні плити розміру 6×3 м. Поверх плит укладається водоізоляційний шар, який оберігає будівлю від проникнення вологи. Стіни промислової будівлі виконані з панелей. Товщина панелі при довжині 6 м складає 300 мм. Ширина панелей – 3 м, кріплять їх до закладних деталей колони.

Освітлення виробничої будівлі здійснюється природним світлом, комбінованим методом - поєднання (через віконні прорізи у зовнішніх стінах) і верхнього (через ліхтарі) освітлення. Світлові прорізи в зовнішніх стінах суцільні з одинарним склінням.

Для освітлення робочих місць і природної вентиляції (аерації) встановлені ліхтарі – надбудови над отворами в покритті. Ліхтарі використовуються двосторонні з вертикальним заскленням. Світло аераційний ліхтар має ширину 6 м.

Комплекс приміщень, що включає гардеробні, душову та умивальну, утворюють гардеробний блок. Гардеробні для зберігання робочого та домашнього одягу, убиральні, умивальні та душові проектується окремо для чоловіків і жінок. Гардеробні призначені для зберігання одягу та переодягання. Організація зберігання одягу в гардеробах здійснюється закритим способом - одяг зберігається в закритих шафах. Кількість шаф відповідає загальному числу працюючих в усіх змінах. Ширина шаф 500 мм, глибина – 500 мм.

Душові розміщені в окремих приміщеннях, суміжних з гардеробами. При душових спроектовані приміщення, призначені для витирання тіла (переддушових). Розміри душових кабін по осях перегородок складають 90×90 см. Ширина проходу між рядом кабін і стіною складає 1,5 м, а між рядами кабін – 2 м. Кількість душових сіток проектується з розрахунку 1 сітка на 5 осіб у найбільш чисельної зміни і становить 6 сіток.

Умивальні розміщуються сумісно з убиральнями. Число кранів в умивальних приймається з розрахунку 1 кран на 7 чоловік за кількістю працюючих у найчисельнішу зміну і становить 5 кранів.

Число унітазів приймаємо з розрахунку 1 унітаз на 15 жінок і 1 унітаз і 1 пісуар на 30 чоловіків у найбільш численній зміні. Унітази розміщені в окремих кабінах розміром 1,2 × 0,9 м, двері відкриваються назовні. Ширина проходу між рядом кабіни і стіною 1,3 м.

Висновки до розділу 2

В рамках даного розділу була вибрана точка будівництва в межах міста Дружківка площею 9 га. Головною причиною вибору стала безпосередня близькість до головного сировинного матеріалу – глини Миколаївського родовища.

Було описано вимоги чинних стандартів до виготовлення та методів випробування керамічної плитки для підлоги та вивчено сучасний асортимент продукції.

Вибір як основної сировини Миколаївської глини ґрунтується її хімічним та мінералогічним складом. Дана глина є каолініт-гідрослюдиною, тому маси на основі такої глини будуть добре пресуватись, а також вони мають широкий інтервал випалу та низьку температуру спікання.

В технологічній схемі передбачено комплексне використання відходів пресування та сушіння, що у свою чергу знижує витрати сировини на виготовлення продукції та зменшує її собівартість.

Було виконано розрахунок кількості сировинних матеріалів для реалізації виготовлення 1.5 млн м²/рік керамічної плитки для підлоги з урахуванням втрат та можливого браку на всіх стадіях виробництва. Результати розрахунків матеріального балансу наведено в табл.2.8.

Складено тепловий баланс печі у якому враховано всі статті приходу та витрати теплоти. Визначено витрату палива – 270,03 м³/год, та питому витрату палива на одиницю продукції – 2361,01 кДж/кг.

В генеральному плані виробництва виконано аналіз та опис розташування всіх основних та допоміжних будівель.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИПАЛУ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

3.1 Аналіз технологічного процесу випалу як об'єкту контролю та автоматизації

Шляхом впровадження новітньої технології та автоматизації технологічних процесів збільшується продуктивність праці, поліпшується якість продукції, що випускається, знижуються втрати від браку.

Автоматизація передбачає не лише повну заміну фізичної праці машинами, але й автоматизацію управління ходом технологічних операцій в цілому. Автоматизація забезпечує управління виробництвом, що механізовано за допомогою системи машин і приладів, спеціальних пристроїв без безпосередньої участі людини.

Випал – це процес, при якому плитка, як і інші керамічні вироби, набуває фізико-механічних характеристик, що роблять її придатною до використання, а також хімічну інертність. Процес випалу поділяється на три періоди; підігрів, безпосередньо випал та охолодження виробів. При випалі проходять хімічні реакції та відбуваються фізичні перетворення як в самій плитці, так і в поливі: видалення механічно та хімічно зв'язаної вологи, вигорання органічних домішок, декарбонізація, модифікаційні перетворення кварцу, черепок набуває необхідну міцність та пористість, достатню для поглинання поливи [26].

На дільниці Заводу з виробництва глазурованої керамічної плитки для підлоги, що проектується, установлена одноканальна роликова піч. До складу печі входить система приводу роликів, система подачі та регулювання, система відводу димових газів, система подачі повітря для горіння. В якості палива використовується природний газ, що подається до пальників по газопроводу. Для підтримання процесу горіння безпосередньо до пальників подається повітря.

Висушена плитка глазурується і подається на випал при температурі 1190-1200 °С, після чого сортується і пакується в картонну тару.

Таблиця 3.1 – Параметри регулювання та контролю процесу сушки

№п/п	Найменування стадії процесу(технологічний об'єкт), місце заміру параметру	Найменування параметру, що вимірюється або регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації
1	2	3	4	5
1	Кількість повітря, що подається на горіння	Витрата повітря	250 м ³ /год	Вимірювання, контроль, реєстрація , регулювання
2	Кількість повітря, що подається в зону охолодження	Витрата повітря	2800 м ³ /год	Вимірювання, контроль, реєстрація , регулювання
3	Кількість природного газу, що подається до пальників	Витрата природного газу	25 м ³ /год	Вимірювання, контроль, реєстрація , регулювання
4	Температура в зоні підігріву	Температура	570 °С	Вимірювання, контроль, реєстрація , регулювання
5	Температура в зоні випалу	Температура	1200 °С	Вимірювання, контроль, реєстрація , регулювання
6	Температура в зоні охолодження	Температура	450 °С	Вимірювання, контроль, реєстрація , регулювання
7	Тиск в зоні печі	Тиск	-	Вимірювання, реєстрація

Випал є найважливішою стадією виробництва керамічних виробів. Саме в процесі випалу напівфабрикати набувають властивостей, необхідних для подальшої експлуатації: твердість, міцність, водостійкість, зносостійкість та інші. Невірно підібраний режим випалу призводить до появи дефектів (тріщин, цеку, напливи або відлущування глазури), деформації або інколи й руйнування плитки. Тому необхідно точно дотримуватися параметрів

технологічного процесу, що досягається при автоматизації виробництва. Для покращення якості продукції, що випускається. Та зменшенні браку при випалі спроектована автоматична схема управління температурним режимом. Передбачено автоматичне регулювання параметрів у печі:

- Співвідношення газ-повітря;
- Температура в зонах підігріву, випалу та охолодження;
- Кількість холодного та гарячого повітря, що подається в зону охолодження.

При виникненні аварійних ситуацій передбачено автоматичне вимкнення двигунів. Всі схеми регулювання технічних параметрів передбачають можливість переходу на ручне дистанційне управління. Для вимірювання температури використовують термопари: в зоні підігріву одна термопара типу ТХК з межею виміру 0-600 °С, дві термопари типу ТХА з межею виміру 0-1300 °С; в зоні випалу дві термопари типу ТХА; в зоні охолодження дві термопари типу ТХА і одна термопара типу ТХК.

3.2 Опис розробленої схеми автоматизації процесу випалу керамічної глазурованої плитки для підлоги

Регулювання температури в зоні підігріву здійснюється за допомогою зміни подачі кількості газу у зону підігріву. Для підтримання заданої температури в схемі є контури регулювання температури. Контури складаються з таких пристроїв: 3А – вимірювачі температури; 3Б – прилади дистанційної передачі сигналу про температуру на відстань; 3В – прилади, що показують і реєструють температуру; 3Г – автоматичні регулятори для підтримання постійної температури, що передають сигнал на виконавчі клапани; 3Д – регулюючі виконавчі клапани на газопроводі.

Кількість повітря, що подається для горіння природного газу регулюється наступним контуром: датчики витрати 1А, 2А, 5А, 6А, формують сигнал про поточні значення витрати повітря, прилади дистанційної передачі сигналу 1Б, 2Б, 5Б, 6Б передають сигнал на пульт

управління; вторинні прилади, що реєструють і показують витрату 1В, 2В, 5В, 6В; регулятори співвідношення витрат, що підстроюють витрату потоку повітря в залежності від витрати газу 2Г, 6Г; регулюючі клапани на трубопроводі подачі повітря 2Д, 6Д.

Регулювання співвідношення газ-повітря здійснюється шляхом зміни кількості повітря, що подається на горіння до відповідної групи пальників, залежно від витрати газу. Вихідний сигнал феродинамічного перетворювача витратоміра повітря арифметично сумуються з сигналом реостатного датчика положення заслінки на газопроводі й подається на вхід регулятора співвідношення витрат. При нормальних значеннях витрат газу і повітря вхідна напруга регулятора дорівнює нулю. Відхилення одного з параметрів викликає появу на вході регулятора напругу розбалансу й регулятор видає напругу, знак якої залежить від напруги відхилення.

Температура в зоні випалу залежить від витрати газу. Регулювання температури в зоні випалу здійснюється за контуром: датчик температури 7А; прилади дистанційної передачі сигналу 7Б; вторинні прилади, що реєструють та показують 7В; регулятори 7Г; 7Д – регулюючий клапан на газопроводі.

Регулювання температури в зоні охолодження здійснюється подачею певної порції холодного та підігрітого повітря. Подача повітря регулюється за контуром: датчики витрати 9А та 10А; прилади дистанційної передачі сигналу 9Б, 10Б; вторинні прилади, що реєструють та показують на пульті управління 9В, 10В; регулятори 10Г; регулюючі виконавчі пристрої 10Д. Температура регулюється за контуром: датчик температури 11А; прилади дистанційної передачі сигналу 11Б; вторинні прилади, що реєструють та показують 11В; регулятори 11Г; 11Д – регулюючий клапан на трубопроводі подачі підігрітого повітря, що подається для пом'якшення режиму охолодження.

Для підтримання аеродинамічного режиму передбачені контури вимірювання та реєстрації тиску в печі. Контури включають: манометри 4А,

8А і 12А; прилади дистанційної передачі сигналу 4Б, 8Б, 12Б; реєструючи прилади 4Г, 8Г, 12Г.

Для дистанційного керування вмикання та вимикання силового живлення електродвигунів застосовуються магнітні пускачі КМ6, КМ7, КМ8, КМ9, КМ10. За допомогою кнопок SB2, SB4, SB6, SB8, SB10 вмикається живлення двигунів компресорів, при цьому вмикаються сигнальні червоні лампи HL2, HL6, HL10, HL14, HL18. За допомогою кнопок SB1, SB3, SB5, SB7, SB9 вмикається живлення двигунів компресорів, при цьому вмикаються сигнальні зелені лампи HL1, HL5, HL9, HL13, HL17. Аварійний захист спрацьовує наступним чином : при мінімальному тиску на виході з компресорів сигнали датчиків передаються на пульт управління за допомогою приладів дистанційної передачі сигналу на відстань 13-1, 14-1, 15-1, 16-1, 17-1; на пульті тиск показується приладом 13-2, 14-2, 15-2, 16-2, 17-2. При відсутності тиску на виході із компресору спрацьовує захисне реле КМ1, КМ2, КМ3, КМ4, КМ5, внаслідок чого припиняється робота електродвигунів [32].

Висновки до розділу 3

В рамках даного розділу виконана схема автоматизації випалу керамічної плитки для підлоги. Передбачено автоматичне вимкнення двигунів при виникненні аварійних ситуаціях. Всі схеми регулювання технічних параметрів передбачають можливість переходу на ручне дистанційне управління.

Дана схема дасть змогу керувати процесом випалу за допомогою приладів без безпосередньої участі людини, що у свою чергу підвищить якість випалу плитки та зменшить кількість браку.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Як видно з технологічної частини проекту на об'єкті знаходяться в обігу шкідливі, небезпечні, пожежо-, вибухонебезпечні речовини і матеріали, передбачено використання механічної, теплової енергії, енергії стиснутого повітря та хімічної реакції [34].

Проект виконаний з урахуванням вимог охорони праці.

В даному розділі на основі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів на об'єкті, який проектується, передбачені заходи, котрі спрямовані на створення здорових і безпечних умов праці, пожежної безпеки та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

4.1 Охорона праці

4.1.1 Виявлення та аналіз шкідливих небезпечних виробничих факторів на проектному об'єкті. Заходи з охорони праці.

4.1.1.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6 042-99[33] роботи, які виконуються на об'єкті відносяться до категорії середньої тяжкості Па. Норми мікроклімату робочої зони цеху представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. – Норми мікроклімату робочої зони

Період року	Категорія робіт	Температура °С	Відносна вогкість %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості Па	21-25	до 75	до 0,1
Теплий	Середньої важкості Па	20-28	до 70	до 0,1

$$t_{\text{нов.обл.}} = t_{\text{оп.п.з.}} + 2^{\circ}\text{C} = 28 + 2 = 30^{\circ}\text{C}$$

Температура на зовнішній поверхні агрегатів не повинна перевищувати 2°C від оптимальної величини температури повітря. Дуже шкідливими на даному об'єкті, що проектується є силікатний пил, а також топкові гази, що виділяються в процесі випалу. В таблиці 4.2 приведено коротку санітарну характеристику проектного підприємства.

Таблиця 4.2 – Коротка санітарна характеристика проектного підприємства

Найменування виробничої ділянки	Дозування глини, ККПС, плиточного боя ,місця розвантаження.
Шкідливі речовини, причини їх виділення	Пил, що містять складові.утворюється при транспортуванні, розпушуванні глини, дозуванні компонентів.
Група шкідливої речовини, характеристика токсичної дії	Подразнюючі, захворювання дихальної системи, кон'юктивіт.
ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони мг/м	6.0
Клас небезпеки шкідливої речовини	IV
Засоби індивідуального захисту: тип, марка, ГОСТ	Респіратор РУ-60М, УК-2, РП-К ГОСТ 12.4.103-80
Засоби долікарської допомоги	Промити очі, прополоскати горло, носити респіратори
Методи контролю вмісту шкідливих речовин в повітрі робочої зони	Гравіметричний 1 раз на місяць
Клас підприємства згідно СН 245-71	II
Санітарна група виробничого процесу по СНиП 2.09.04-87	II

Контроль параметрів мікроклімату в холодний і теплий період року здійснюється не менше 3-х разів в зміну (на початку, середині, в кінці). Контроль проводиться відповідними приладами - термометр, психрометр, анеометр.

Забезпечення чистоти повітря та нормальних метеорологічних на робочих місцях в значній мірі залежить від правильно організованої системи вентиляції. Вимоги до систем вентиляції визначені у ГОСТ 12.4.021-75. Основна вимога ГОСТ - робота вентиляційних систем повинна створюватися на постійних робочих місцях, в робочій і обслуговуваній зонах приміщень,

метеорологічні умови і чистоту повітряного середовища, що відповідають діючим санітарним нормам. За способом організації повітрообміну передбачена місцева, загальнообмінна та комбінована вентиляція. У виробничих приміщеннях, в котрих можливі раптові викиди в атмосферу робочої зони великої кількості шкідливих або вибухонебезпечних речовин, передбачають аварійну вентиляцію. Найбільш ефективним способом зменшення запиленості робочої зони є передбачені проектом герметизація обладнання та його аспірація. Передбачена аспіраційна система включає в себе систему повітроводів, вентилятор типу ЦП7-40. Як засіб індивідуального захисту передбачені респіратори одноразового використання типу «пелюстка», застосовується спецодяг типу «П», підгрупи «П». Два рази на місяць за допомогою пиломіра проводиться контроль вмісту в повітрі робочої зони шкідливих речовин і параметрів мікроклімату. З метою зниження запиленості проводиться також систематичне вологе прибирання, використовують промислові пилососи. Для підтримки нормальної температури і вологості використовують кондиціонери. Передбачена система повітряного опалення.

4.1.1.2 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 роботи, що виконуються на об'єкті відносяться до V розряду зорових робіт. Передбачається використання комбінованого природного (верхнє освітлення поєднується з бічним), комбінованого штучного (загальне і місцеве освітлення робочих місць світильниками) і суміщеного освітлення. Передбачено використання спеціальних світильників типу ПВЛ-1, ПВЛ-6 (пиловологонепроникні), які призначені для загального освітлення виробничих приміщень з підвищеним вмістом пилу і вологи (відносна вологість більш 75%). У світильниках місцевого освітлення використовуються люмінесцентні лампи.

У виробничих приміщеннях прийнята система загального рівномірного освітлення. Норми параметрів освітлення приведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Санітарні норми параметрів освітлення цеху.

Характери стика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Штучне освітлення		Природне освітлення		Суміщене освітлення	
		Освітленість, лк		КЕО %			
		При комбінованому освітленні	При загальному освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При бічному освітленні	При верхньому або комбінованому освітленні	При бічному освітленні
Малої точності	V ⁶	300-200	200-100	3	1	1,8	0,6

В небезпечних місцях, пов'язаних підвищеним ступенем ризику травматизму при аварійному відключенні освітлення передбачається система евакуаційного освітлення, а також аварійне освітлення, світильники приєднані до незалежного джерела живлення, справність перевіряється один раз в квартал. Контроль освітленості на робочому місці проводиться за допомогою люксметрів Ю-116 не рідше ніж один раз на квартал (або на вимогу) у всіх виробничих приміщеннях.

На даному підприємстві, згідно СН 181-70 передбачається пофарбування стін і стелі в світлі тони з відносно невеликою насиченістю і високим коефіцієнтом відбиття.

4.1.1.3 Захист від виробничого шуму та вібрації

Джерелом шуму на виробництві є кульовий млин, вібросито, басейн з пропелерною мішалкою, БРС, вентилятори.

Допустимі рівні звуку, згідно ДСН 3.3.6.037-99 [35], становлять 80 дБА на постійних робочих місцях і на території підприємства. Фактичний рівень в цеху складає 73 дБА, що відповідає вимогам.

Джерелами вібрації на заводі є вібросита, вентилятори, насоси-дозатори.

Допустимий рівень вібрації на робочому місці:

- для 1 ступеня шкідливості до 3 дБ

- для 2-3 – 1-6 дБ
- для 3 - більше 6 дБ

Службами відділу охорони праці передбачено періодично проводити виміри виробничого шуму, вібрації на робочих місцях, котрі вимірюються за допомогою приладів ВШВ-2, ВШВ-2п вимірниками шуму і вібрації. Передбачено істотне ослаблення шуму якісним монтажем окремих вузлів машин і своєчасним проведенням планового запобіжного ремонту.

Для зниження шуму на шляху його розповсюдження передбачається облицювання частини внутрішніх поверхонь звукопоглинальними матеріалами (пінопласт), а також розміщення в приміщенні штучних поглиначів. У даному проекті прийняті кожух і акустичний екран. Віброізоляція здійснюється шляхом установки джерел вібрації на віброізолятори, а також гнучких вставок в комунікаціях повітроходів.

Застосовують гумові, пружинні, комбіновані віброізолятори. Для зменшення вібрації кожухів, огорож та інших деталей, виконаних із сталевих листів, коливання яких часто відбуваються в резонансному режимі, застосовують вібропоглинання. Воно досягається нанесенням на вібруючу поверхню матеріалів, що володіють великим внутрішнім тертям (гуми, пластиків, вібропоглинаючих мастил) і розсіюючих енергію коливань. При цьому істотно зменшуються амплітуда частоти коливань, що розповсюджуються, особливо на резонансних режимах.

Розрахунок вібрації.

Розрахунок вібрації, вібростілець встановлений на площадці ЛФМ.

Вихідні данні:

Частота коливань – 16 Гц

Амплітуда коливань – 0.2 мм

Граничне значення віброшвидкості – $0.2 \cdot 10^{-2}$ відповідає граничному звуковому тиску $2 \cdot 10^{-5}$.

Віброшвидкість визначається за формулою:

$$V = 2\pi \times f \times A$$

$$V = 2 \times 3,14 \times 16 \times 0,2 = 20,09 \text{ (м/с)}$$

де f – частота коливань, Гц

A – амплітуда коливань, мм

Період коливань, с:

$$T = 1:16 = 0.0625$$

Визначаємо віброприскорення:

$$I = 4\pi^2 A/T$$

$$I = 4 \times 3.14^2 \times 0.2 / 0.0625^2 = 2019.25 \text{ (мм/с)}$$

Дія вібрації на людину оцінюється рівнем вібрації вимірюваної логарифмічними одиницями -дБ, через рівні віброшвидкості:

$$L_B = 20 \times \lg V/V_0$$

$$L_B = 20 \times \lg 0.2009 / 2 \times 10^{-6} = 100 \text{ (дБ)}$$

де V -віброшвидкість, см/с,

V_0 -порогове значення віброшвидкості. За результатом розрахунків визначили, що значення рівня віброшвидкості знаходиться в допустимих нормах.

4.1.1.4 Електробезпека

Приміщення цеху відноситься до класу особливо небезпечних приміщень, оскільки присутні дві умови особливої електробезпеки:

- наявність струмопровідної підлоги (залізобетонних),
- відносна вологість повітря не більше 75%.

Електроустаткування живиться від трифазної чотирьохпровідної електричної мережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220В.

Ураження людини електричним струмом в умовах робочої зони може виникнути з умов дотику до металевих корпусів обладнання та незаземлених металевих предметів, які опинилися під напругою.

Джерелами ураження електричним струмом є випрямлячі, струмопровідники, а також металевий корпус лінії. Причиною ураження може бути перехід напруги мережі 220 В в ланцюг живлення лінії в результаті порушення цілісності ізоляції.

Електричне устаткування має ізолюючі кожухи. Основним захистом від ураження струмом є ізоляція проводів, справність ізоляції безперервно контролюється пристроєм УАКИ. При живленні електроустаткування трьохфазною мережею з глухозаземленою нейтраллю напругою до 1000 В, як ефективний колективний захист від ураження електричним струмом, передбачено занулення корпусів електричного обладнання.

При однофазному дотику людини до неізольованих струмопровідних частин електрообладнання через людину протікає струм:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \times 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА}$$

де $U_{\phi} = 220$ - фазна напруга, В;

$R_{\text{л}} = 4000$ - опір людини в самих несприятливих умовах, не враховуючи опір підлоги, Ом;

$R_0 = 4$ - опір заземлення нейтралі, Ом.

За ГОСТ 12.1.038-84 гранично допустимі значення струму, що протікає через людину при нормальному режимі роботи електроустановки $I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$, напруга дотику рівна $U_{\text{дот}} = 2 \text{ В}$. При аварійному - $I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}$, $U_{\text{дот}} = 36 \text{ В}$.

При цьому людина, потрапляє під фазну напругу і через неї проходить струм:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\phi} \times 10^3}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА}$$

де $R_{\text{л}} = 2$ - опір тіла людини, кОм;

$R_0 = 4$ - опір заземлення нейтралі джерела струму, Ом;

$$I_{\text{л}} = (220 \times 10^3) / (2000 + 4) = 110 \text{ мА}$$

Напруга дотику:

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \times R_{\text{л}} = 0,11 \times 2000 = 220 \text{ В}$$

Порівнюючи розрахункові значення $I_{\text{л}}$ і $U_{\text{дот}}$ з нормативними, бачимо, що при порушенні вимог ПУЕ в цеху можуть бути електричні травми з важкими наслідками.

Предбачені наступні заходи захисту від ураження електричним струмом: електроізоляція; недоступність струмоведучих частин; електричний поділ мережі за допомогою спеціальних розподільчих трансформаторів; використання малої напруги (не вище 42 В), а в особливо небезпечних приміщеннях – 12 В; використання подвійної ізоляції; вирівнювання потенціалу, занулення; захисне відключення.

При обслуговуванні електричного обладнання передбачено індивідуальні електрозахисні засоби і інструменти: ізолюючі підставки, калоші, рукавиці, індикатор напруг, окуляри, ізолюючий інструмент.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання

На об'єкті, що проектується є обладнання з рухомими деталями і механізмами. До них відносяться прес, млин та інші. Рухомі частини механізмів при недотриманні техніки безпеки можуть викликати різні травми людини. До небезпечних і шкідливих виробничих факторів на даному технологічному підприємстві можна віднести:

- напруга в електромережі;
- небезпека механічного травмування робочих обертовими частинами обладнання;
- термоопік;
- вибухонебезпечність;
- пожежонебезпека;

Джерелами небезпеки також є:

- пульти управління печі, електронагрівачі, сушильні пристрої;
- гаряче повітря з муфельних трубок печі;
- система охолодження циліндра при попаданні води в муфельну печі.

Рухомі частини виробничого обладнання, що є джерелами небезпеки огорожені сітчастими металевими огорожами. Щоб уникнути потрапляння металевих предметів у дезінтегратор на тічці встановлені магнітні сепаратори. Відкриті завантажувальні прорізи бункерів ящикових живильників огорожені по периметру і закриті ґратами. Огородження живильників заблоковане з приводом таким чином, що при зняттю кожусі привід автоматично відключається. Стрічкові конвеєри та секційні мають огороження приводних, натяжних і відхиляючих барабанів, які заблоковані з приводом так, що при знятих або неправильно встановлених огорожах конвеєр автоматично зупиняється. Стрічка конвеєра огорожена бортами, які запобігають розсипання матеріалу. Всі конвеєри мають сигналізацію. Швидкість руху транспортних засобів в цеху не більше 5 км/год. Усі вантажопідіймальні механізми піддаються періодичним оглядам і технічному огляду. Роликове сушило обладнане газопилевловлюючими установками. У разі раптової зупинки сушила або розвантажувального пристрою передбачено блокування, що забезпечує автоматичне відключення живильників, а разом з цим і преса. Топки і димоходи теплоізовані. Трубопроводи подачі теплоносія огорожені та ізовані, щоб виключити опіки робітників при обслуговуванні сушила. Завантажувальні і розвантажувальні кінці тунелів оснащені звуковою і світловою сигналізацією. Отвори в кладці печі, призначені для спостереження за процесом випалу, оснащені щільно закривається заслінкою.

Вентиляція каналу печі здійснюється двома димососами ДН-17, один з яких є резервним. Система автоматики безпеки, яка оснащена в основному клапанами-відсікачами типу ПКБ, побудована так, що при зміні одного з параметрів припиняється подача газу: при зниженні тиску газу нижче 0,12 кг*с/см², при відсутності напруги в мережі; при зниженні тиску повітря, що подається на горіння нижче 10-20 кг*с/см²; при зниженні розрядження в каналі печі нижче 2 мм.рт.ст.

4.2.2 Пожежна безпека

На виробництві, що проектується, можливими джерелами пожежі є перевантаження електроустаткування, нагріті стінки обладнання, іскри електрообладнання та від тертя деталей машин, прямий удар блискавки в споруди, електрозамикання, накопичення статичної електрики, виникнення електричної дуги при обриві ланцюгів високої напруги, перегріву електроустаткування, руйнування кабелю, проводки. У таблиці 5.7.1 наведені показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин і матеріалів і класифікація цеху за пожежо- і вибухонебезпечністю. При проектуванні цеху передбачені запобіжні заходи: розділення споруди протипожежними перекриттями на відсіки, обладнання протипожежних перешкод у вигляді гребенів, козирків, бортиків, протипожежний водопровід, пожежні крани, ємності з піском і пожежні щити, вогнегасники типу ВВ, ВХП; змонтована автоматична пожежна сигналізація, захист ізоляції від теплового, механічного впливу. Для запобігання ударів блискавки встановлюються стрижневі блискавковідводи.

Для технологічного устаткування передбачено застосування запобіжних пристроїв (мембран, клапанів). Вони спрацьовують при підвищенні тиску понад установлені межі. Всі електроустановки захищені автоматичними пристроями від струмів короткого замикання. Для попередження витікання з газопроводу його періодично перевіряють на герметичність. Перед розпалюванням печі її газовий тракт вентилується. Газопроводи усередині цеху мають систему продувних труб із запірними пристроями. Продувні труби (свічі) від печей з'єднують у загальну вивідну свічу. Газ, що пропускається через свічу, витісняє повітря з газопроводу, що усуває можливість утворення вибухонебезпечної суміші газу з повітрям. При припиненні подачі газу та повітря, загрозі пожежі в цеху, витоці газу в приміщення, аваріях передбачено аварійне вимкнення газових пальників.

Підприємство обладнується охоронною й пожежною сигналізацією, а також автоматичними пристроями для гасіння пожеж. Основний цех

обладнується ящиком з піском і вогнегасниками. Від короткого замикання застосовуються плавкі запобіжники й захисні пристрої.

. Характеристика пожежонебезпечних об'єктів приведена в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Показники пожежо- і вибухонебезпечності речовин та матеріалів. Класифікація виробництва пожежо- і вибухонебезпечності та влаштування блискавки захисту

Найменування будівель, зовнішніх установок	Речовини, що постійно знаходяться в цеху	Агресивний стан речовини за н.у.	Горючість, вибуховість, температура спалаху	Показники пожежо-вибухонебезпечності		Межі спалахування		Вибухо-небезпечні суміші		Засоби пожежогасіння	Категорія приміщення за ОНТП		
				Температура спалаху	Температура займання	% об'ємних	Мг/м ³	Категорія	Група		Категорія приміщення за ОНТП	Клас приміщення(зони) за БПЕ	Категорія об'єкта і тип зони захисна і влаштування блискавки захисна згідно з
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Ділянка сушки та випалу	Природний газ	газоподібний	Горить,	21-25 °С при Р=1мПа	20 °С при Р=1мПа	5-15	16,66-10,26	Па	T1	Піна хімічна ВХП-10	Г	1	Па
	СО	газоподібний	Горить	22-25 °С при Р=101,3 Па	20 °С при Р=101,3Па	74,0-		Па	T1	Піна хімічна ВХП-10	Г	1	Па
Матеріал ізоляції	Полівиніл хлорид	Тверде	Горить	570°С	560 °С	-	-	Па	-	Вуглекислий вогнегасник ОУ-5	В	1	Па
Змазка	Машинне мастило	Рідке	Горить	200 °С	160-191 °С	-	-	Па	-	Пінний вогнегасник	В	1	Па

4.2.3 Аналіз небезпеки об'єкта, що проектується

Проектоване підприємство, відноситься до категорії — «А» («Положення про план і ліквідацію надзвичайних ситуацій»). На даному підприємстві можуть виникати наступні аварійні ситуації: пожежа, і в деяких випадках вибух. За рахунок того, що в якості енергоносія використовується природний газ.

Можливі наступні аварії на підприємстві:

1) Виникнення пожежі

При виникненні пожежі можливе займання основного цеху, підсобних приміщень, ділянки масозаготівлі. В основному пожежа може виникати за рахунок печі, внаслідок зношеної футеровки, або розбавлених з'єднань секцій печі, полум'я з яких може вириватися назовні. Для попередження пожежі необхідно, щоб біля печі випалу не знаходилося легкозаймистих речовин, щомісячно перевіряти надійність з'єднань секцій печі, та стан футеровки, щоквартально проводити інструктаж по техніці безпеки з персоналом, та його діях в надзвичайних ситуаціях. При виникненні пожежі, до приїзду пожежної бригади, необхідно вивести весь персонал, та по можливості не давати розповзатися полум'ю за допомогою вогнегасників, та виключення нових джерел запалення.

2) Утворення вибухонебезпечного середовища в апараті

На виробництві застосовується природний газ у якості енергоносія. Він вибухонебезпечний, тому проводиться аналіз вибухопожежонебезпечних властивостей речовин під тиском і при температурі технологічних процесів. Можливе займання або вибух при витoku природного газу. Природний газ відноситься до вибухопожежонебезпечних речовин який займається при температурі 650°C. При вибуху тиск підійметься в закритому об'ємі до 1 МПа. Для уникнення таких ситуацій, буде впроваджуватися флегматизація вибухонебезпечної технологічної суміші інертними газами, введення

інгібіторів; заземлення устаткування, застосування засобів відводу й нейтралізації статичної електрики.

3) Можливе зруйнування печі при надлишковому тиску (Номінальний тиск газу — 3700 мм вод. ст.). У наявності є засоби захисту устаткування від зруйнування при вибуху (захисні екрани). Також піч оснащена системою аварійного управління, запобіжними пристроями та автоматичними системами придушення вибуху. В випадку витoku газу, спрацюють необхідні засоби автоматики контролю, управління та протиаварійного захисту печі та встановлені по цеху детектори, сигнал з яких передається на пульт пожежної охорони закріпленої за виробництвом (встановлені електромагнітні клапани, детектори пожежі та газоаналізатори).

Висновки до розділу 4

В даному розділі на основі аналізу небезпечних та шкідливих виробничих факторів розроблені заходи для створення здорових і безпечних умов праці та пожежної безпеки на виробництві.

Розраховано необхідні характеристики мікроклімату робочої зони та передбачено обладнання всіх приміщень системою вентиляції через те, що наявні небезпечні для здоров'я робітників силікатний пил та топкові гази роликової печі.

Передбачається використання комбінованого природного, штучного і суміщеного освітлення у виробничих цехах відповідно до державних будівельних норм[38]. Для зниження шуму передбачається облицювання частини внутрішніх поверхонь звукопоглинальними матеріалами [35], а також розміщення в приміщенні штучних поглиначів. У даному проекті використано кожух і акустичний екран.

Передбачені заходи захисту від ураження електричним струмом: електроізоляція; недоступність струмоведучих частин; електричний поділ мережі за допомогою спеціальних розподільчих трансформаторів.

Проаналізовані потенційні небезпеки в надзвичайних ситуаціях та у випадку пожежі та спроектовано шляхи запобігання відповідних небезпек.

5 СТАРТАП ПРОЕКТ

Метою цього розділу є формування інноваційного мислення, підприємницького духу та формування здатності оцінювання ринкових перспектив і можливостей комерціалізації основних науково-технічних та інноваційних розробок, сформованих у попередній частині магістерської роботи у вигляді розроблення концепції стартап-проекту в умовах висококонкурентної ринкової економіки глобалізаційних процесів [37].

5.1 Резюме: конкретизація бізнес-ідеї, мети стартапу, об'єкту дослідження, місця розробки у інноваційному ланцюжку цінностей

Загальна характеристика розробки:

Тема: Розріджувачі керамічного шлікеру;

Мета проекту: Розробка дефлокулянтів для впровадження в виробництво керамічної плитки;

Суб'єкт замовлення: заводи, що виготовляють керамічну плитку методом напівсухого пресування;

Об'єкт дослідження: Дефлокулянти;

Місце розробки у інноваційному ланцюжку цінності – етап виробництво;

Місце товару у міжнародній класифікації товарів – клас 1, хімікати, призначені для використання в промисловості;

Цінність – економія енергоресурсів при виготовленні керамічної плитки;

Гранична корисність товару – значне зниження собівартості продукції, підвищення екологічності кінцевого продукту.

Таблиця 5.1 – Резюме стартап-проекту

Показник	Характеристика
1. Сутність ідеї	Розробка дефлокулянтів для впровадження в виробництво керамічної плитки
2. Наявність аналогів	Наявні
3. Основна потреба, яку задовольнить реалізований проект	Продукт дозволяє виробництвам витрачати менше природного газу на сушку шлікеру при виготовленні прес-порошку
4. Класифікація товару стартапу за міжнародною класифікацією товарів	Клас 1 – хімікати
5. КВЕД, до якого може належати дане виробництво	С 20.59
6. Очікувана потужність стартапу	Середнє підприємство
7. За масштабом виробництва	Одиничне
8. За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільне
9. За ресурсами, що споживатимуться	Матеріаломістке, капіталомістке
10. За чисельністю персоналу	мале
11. Органи управління при реалізації стартапу	національні
12. Бажане географічне розташування	Потужність та офіс стартапу: м. Дружківка Донецької обл. Збутова мережа: вся територія України Постачальники: найближчі області
13. Місце ідеї у ланцюжку цінностей інноваційного процесу	Етап виробництва
14. Гранична корисність ідеї стартапу	Значне зниження собівартості продукції
15. Бізнес-модель стартапу	B2B
16. Конкуренти вітчизняні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	NewLab (виробництво, реалізація) ChemAdd (виробництво, реалізація) Конкурентні переваги: ціна, універсальність
17. Конкуренти іноземні (ціна, на якому етапі реалізації знаходяться, основні конкурентні переваги, фактори успіху)	Іспанський стартап (виробництво, реалізація) Конкурентні переваги : ефективність
18. Ключові фактори успіху стартапу	Ступінь зменшення вологості, ширина інтервалу дії та екологічність
19. Споживачі	Середні та великі за потужністю виробники керамічних плиток для внутрішнього облицювання стін та підлоги
20. Планова кількість продукту розробки для першого етапу реалізації	1152т
21. Мінімальна кількість виробництва за методом точки безбитковості	752т
22. Споживачі на етапі розвитку	Власне виробництво
23. Споживачі на етапі зрілості	Виробники керамічної плитки, що знаходяться на території України
24. Конкурентна ціна на продукт стартапу	Не більше 80 000грн/т
25. Плановий рівень рентабельності при реалізації продукту	20,2%
26. Капіталовкладення в проект	54 937 656

Продовження таблиці 5.1 – Резюме стартап-проекту

27. Строк окупності проекту	5,2 роки
28. Джерела фінансування	Зовнішні, національні, іноземні.
29. Основні компоненти продукції стартапу	Триполіфосфат натрію сухий – 80% Рідке скло – 20%
30. Потенційні постачальники складових компонентів розробки	ТОВ «Партнер» м. Дніпро, ТОВ «Плазма» м. Харків
31. Планове місце реалізації результату розробки	На власних складах виробництва
32. Наявність посередників при реалізації	немає
33. Методи просування результатів розробки на ринок	Пропаганда, реклама, особистий продаж

Терміни:

1.Продукт: Дефлокулянт – суміш триполіфосфату натрію з рідким склом.

2.Технологія:

Виробництво розріджувача проводиться методом змішування у необхідних пропорціях. Використовують суху сировину. В спеціальні млини завантажують 4 масові частини триполіфосфату натрію та 1 масову частину рідкого скла. Після помолу і перемішування продукт можуть одразу додавати до керамічної шихти за умови успішного проходження контролю якості.

3.Джерела сировини:

Триполіфосфат натрію: ТОВ «Партнер» м. Дніпро, ТОВ «Плазма» м. Харків, ТОВ «ХіміЕлемент» м. Київ;

Рідке скло: ТОВ «Плазма» м. Харків, ТОВ Промислове Підприємство «ЗІП» м. Кам'янське, ТОВ «Мальва» м.Київ

4.Кваліфікація персоналу:

Виробничий персонал: начальник цеху, начальник зміни, начальник лабораторії, технолог, лаборанти, наладчик обладнання,— це кваліфіковані робітники III та IV розрядів та висококваліфіковані V та VI розрядів.

Вантажники, вахтери, прибиральниці, пакувальники – можуть бути малокваліфіковані – ті, що мають I та II розряди та не кваліфіковані.

5.Споживач:

Середні та великі за потужністю виробники керамічних плиток для внутрішнього облицювання стін та підлоги.

6.Ринок збуту:

Продукт дозволяє великотонажним виробництвам витратити менше природнього газу на сушку шлікеру при виготовленні прес-порошку, що в результаті дає можливість економити кошти.

7.Конкурентні переваги:

Низька ціна, легкість використання, відсутність вітчизняних аналогів, висока ефективність.

8.Необхідні капіталовкладення - 54 937 656 гривень.

9.Період повернення капіталовкладень – 5.2 роки.

5.2 Аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища стартапу

Таблиця 5.2 – Аналіз загроз і можливостей зовнішнього середовища

	Загрози	Можливості
Економіка		
Рівень інфляції	Підвищення цін на сировину, бо вона вся вітчизняного походження	Отримання додаткових доходів на різниці курс валют
Зниження купівельної спроможності населення	Зниження кількості продажів, зменшення об'ємів виробництва	Пошук нових ринків в т.ч. закордонних
Збільшення податкового навантаження	Зменшення чистого прибутку	Пошук шляхів здешевлення виробництва
Політика		
Нестабільне воєнне положення	Перебої з постачанням сировини, зниження прибутку	Збільшення штату робітників за рахунок переселенців
Географія		
	Стихійні лиха в межах географічної області	Зручне розташування для логістичних операцій
Науково-технічний прогрес		
Поява новітньої технології	Моральне старіння методів	Зменшення термінів амортизації, пошук шляхів інвестування
Демографія і соціальні фактори		
Зниження рівня освіти населення	Проблема з освоєнням нових технологій	Збільшення робочої сили на виробництві

Таблиця 5.3 – Аналіз факторів зовнішнього оперативного середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
Конкуренти:	Поява нового товару на ринку, що дасть можливість конкурувати з існуючими підприємствами	Середня ціна товару та контроль ринку конкурентами є перепорою у встановленні вигідної позиції при збуті товару
Постачальники:	Можливість вибору оптимальної ціни та якості із-за широкого ринку сировини	Постійний контроль за поставками, що передбачає пошук відповідальних постачальників
Споживачі:	Довготривала співпраця з великими виробництвами	Досить мала кількість виробництв на території України

Таблиця 5.4 – Аналіз зацікавлених сторін

Зацікавлена сторона	Вплив її на реалізацію проекту	Цікавість її до проекту	Загальний коефіцієнт впливу на проект
Суб'єкти зовнішнього оперативного середовища			
Виробник:			
Конкурент «NewLab»	4	4	16
Конкурент «ChemAdd»	5	2	10
Постачальник:			
ТОВ «Плазма»	5	3	15
Споживачі:			
Виробництво	4	5	20
Посередники:			
Реклама	3	3	9
Зовнішнє середовище			
Політичні структури			
Міська рада	3	4	12
Суб'єкти економічного середовища			
Податкова служба	3	2	6
Інвестори	5	5	25
Фінансові установи	4	4	16
Власники географічних об'єктів			
Міське населення	2	2	4
Суб'єкти демографії			
Молоді люди	5	5	25
Люди середнього віку	3	4	12
Люди похилого віку	2	2	4
Суб'єкти культурного середовища			
Субкультура	1	2	2
Суб'єкти НТП			
Університети	4	3	12

Таблиця 5.5 – Переваги і недоліки внутрішнього середовища

Фактор	Переваги	Недоліки
Набір молодих спеціалістів	Надання молодим спеціалістам місця роботи за спеціальністю з конкурентною заробітною платою без досвіду роботи	Необхідність досить великого періоду адаптації для повноцінної роботи молодих кадрів
Оренда	Менші витраби у порівнянні з будівництвом або купівлею готового приміщення	Обладнання може бути застарілим і можуть виникати проблеми через це
Власне виробництво сировини	Незалежність від поставок	Збільшення витрат на додатковий персонал та дороге обладнання
Розташування цеху в невеликому місті	Дешевші ціни на тарифи, працю, матеріали	Не всі молоді кадри мають бажання залишати великі міста – адже там розташовані високоакредитовані університети

5.3 Визначення ключових факторів успіху

Для виробництва дефлокулянтів для виробництва керамічної плитки важливими є такі характеристики: ціна, універсальність, ступінь зменшення вологості, ширина інтервалу дії, екологічність.

Таблиця 5.6 – Оцінка характеристик продукції

Характеристика	Коефіцієнт вагомості характеристики	Оцінка характеристик		
		Наша продукція	Конкурент «NewLab»	Конкурент «ChemAdd»
Ціна	0,4	5	4	5
Універсальність	0,1	3	4	2
Ступінь зменшення вологості	0,25	5	3	4
Ширина інтервалу дії	0,15	5	4	3
Екологічність	0,1	4	2	2

З урахуванням коефіцієнту вагомості характеристики визначаємо бальну оцінку кожної характеристики для нашої продукції і для конкурентів (табл. 5.7).

Таблиця 5.7 – Бальна оцінка характеристик продукції

Характеристика	Бальна оцінка характеристик		
	Наша продукція	Конкурент «NewLab»	Конкурент «ChemAdd»
Ціна	2	1,6	2
Універсальність	0,3	0,4	0,2
Ступінь зменшення вологості	1,25	0,75	1
Ширина інтервалу дії	0,75	0,6	0,45
Екологічність	0,4	0,2	0,2

На підставі отриманих бальних оцінок будуємо графік порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з конкурентами (рис. 5.1).

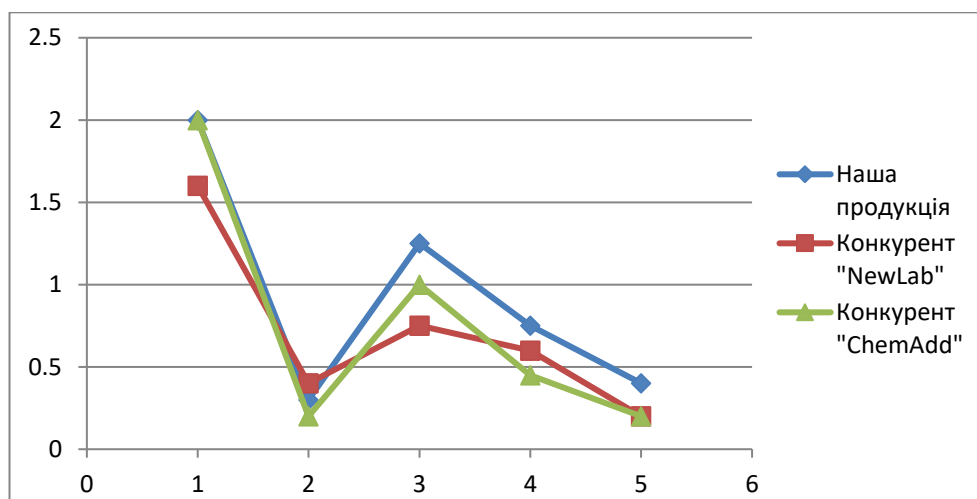


Рис. 5.1 – Графік порівняння конкурентних переваг нашого підприємства з конкурентами

Відповідно до отриманих результатів вагомими перевагами продукції нашого підприємства є ступінь зменшення вологості, ширина інтервалу дії та екологічність. За показником «ціна» конкурентом нашої компанії є

«ChemAdd». За показником «універсальність» наша продукція не може конкурувати. Таким чином, наше підприємство повинно зосередитися на покращенні цінової позиції та забезпеченні універсальності.

На основі аналізу зовнішнього середовища та зовнішнього оперативного середовища можливі варіанти розвитку ідеї стартап проекту (табл. 5.8).

Таблиця 5.8 – Варіанти розвитку ідеї стартапу

Варіант	Стислий опис можливого розвитку
1. Позитивний	Стартап буде успішний.
2. Нейтральний	Стартап потребує допрацювань .
3. Негативний	Стартап не можливо втілити в життя.

5.4 Визначення потенційних споживачів

Таблиця 5.9 – Класифікація потенційних споживачів

Критерій	Значення
Юридична особа	
1. Форма власності	Державне, приватне
2. КВЕД	С 23.31 Виробництво керамічних плиток
3. За потужністю (малі, середні, великі)	Великі
4. За масштабом виробництва	Масові
5. За рівнем спеціалізації	Вузькопрофільні
6. За ресурсами, що споживаються	Матеріаломісткі, капіталомісткі
7. За чисельністю персоналу	Великі
8. За сферою діяльності	Виробничі, комерційні
9. За приналежністю капіталу і контролю	Національні
10. За географічним розташуванням	На всій території України
11. За віддаленістю органів управління	Національні
12. За характером господарської діяльності	Будівельні
13. За рівнем технологічної цілісності	Провідні, філії
14. За долею іноземного капіталу	Більше 10 %

Продовження таблиці 5.9 – Класифікація потенційних споживачів

15. За формуванням статутного капіталу	Унітарні, корпоративні
16. За організацією виробничих процесів	Безперервні
17. За роботою протягом року	Позасезонні
18. За географічним розташуванням на території України	Будь-яка
19. За наявністю вільних ОБЗ (коштів)	Наявні
20. За динамікою розвитку регіону розташування юридичної особи: • Регіон • Чисельність населення • Динаміка росту регіону • Структура регіону • Правові обмеження торгівлі	Великий регіон Чисельність населення більше 100 000 Позитивна динаміка росту регіону Структура регіону: великі міста без правових обмежень торгівлі

Модель інноваційної діяльності – В2В. Для визначення потреби споживачів і перевірки правильності визначення отримуємо первинну інформацію від самих споживачів.

Таблиця 5.10 – Клієнт і його потреби

Категорія клієнтів	Потреби, які він задовольняє за допомогою Вашого продукту
Юридична особа	Продукт дозволяє виробникам керамічної плитки скорочувати витрати на природний газ

Таблиця 5.11 – Паспорт клієнта ПрАТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПЛИТКОВИЙ ЗАВОД»

I. Загальна інформація про клієнта		
1	Повне найменування та скорочене найменування	Приватне акціонерне товариство «Харківський плитковий завод»
2	Організаційно-правова форма	Приватне акціонерне товариство
3	Форма власності	Приватна компанія
4	Код за ЄДРПОУ	00293628
5	Місцезнаходження згідно з реєстраційними документами	61106, м. Харків, проспект Московський, 297
II. Основні відомості про клієнта		
6	Галузь діяльності	Виробництво керамічних плиток та плит
7	Рівень спеціалізації	Вузькопрофільне
8	Потужність	Велике
9	Ресурси, що споживаються	Матеріаломістке, капіталомістке
10	Сфера діяльності	Виробниче, комерційне
11	Рівень технологічної цілісності	Провідне
12	Віддаленість органів управління	Національні
13	Наявність вільних Обз (коштів)	Наявні
14	Організація процесів	Безперервне
15	Робота протягом року	Позасезонне
16	Доля іноземного капіталу	Більше 10%
17	Формування статутного капіталу	Корпоративне
18	Засновано	1994 рік
19	Засновники	Шеветовський Валентин Валентинович
20	Штаб-квартира	Харків
21	Територія діяльності	Україна
22	Уповноважені особи	Директор: Єфімов Олександр Олександрович
23	Головний бухгалтер	Піддубна Лариса Миколаївна

Продовження таблиці 5.11 – Паспорт клієнта ПрАТ «ХАРКІВСЬКИЙ ПЛИТКОВИЙ ЗАВОД»

24	Діяльність	23.31 Виробництво керамічних плиток і плит 23.41 Виробництво господарських і декоративних керамічних виробів 08.12 Добування піску, гравію, глин і каоліну
25	Розмір статутного капіталу	20 млн грн
26	Виробнича потужність	2 млн м ² /рік
27	Чисельність співробітників	1300
30	Фактична адреса виробництва	61106, м. Харків, проспект Московський, 297
31	Сайт	http://www.plitka.kharkov.ua
32	Контактні дані	Приймальна: +38 (057)754-45-11

Таблиця 5.12 – Паспорт клієнта ТОВ «АТЕМ ГРУП»

I. Загальна інформація про клієнта		
1	Повне найменування та скорочене найменування	Товариство з обмеженою відповідальністю «АТЕМ ГРУП»
2	Організаційно-правова форма	Товариство з обмеженою відповідальністю
3	Форма власності	Приватна компанія
4	Код за ЄДРПОУ	40657853
5	Місцезнаходження згідно з реєстраційними документами	02002, м.Київ, Вулиця Панельна, будинок 1
II. Основні відомості про клієнта		
6	Галузь діяльності	Виробництво керамічних плиток та плит
7	Рівень спеціалізації	Вузькопрофільне
8	Потужність	Велике
9	Ресурси, що споживаються	Матеріаломістке, капіталомістке

Продовження таблиці 5.12 – Паспорт клієнта ТОВ «АТЕМ ГРУП»

10	Сфера діяльності	Виробниче, комерційне
11	Рівень технологічної цілісності	Провідне
12	Віддаленість органів управління	Національні
13	Наявність вільних Обз (коштів)	Наявні
14	Організація процесів	Безперервне
15	Робота протягом року	Позасезонне
16	Доля іноземного капіталу	Більше 10%
17	Формування статутного капіталу	Корпоративне
18	Засновано	1994 рік
19	Засновники	Бардаченко Олег Миколайович – 20% Товариство Atem Usa – 80%
20	Штаб-квартира	Київ
21	Територія діяльності	Україна
22	Уповноважені особи	Директор: Кузьменко Таміла Іванівна
23	Діяльність	23.31 Виробництво керамічних плиток і плит 22.29 Виробництво інших виробів із пластмас 23.42 Виробництво керамічних санітарно-технічних виробів 08.12 Добування піску, гравію, глини і каоліну
24	Розмір статутного капіталу	10 млн грн
25	Виробнича потужність	3,5 млн м ² /рік
26	Чисельність співробітників	1600
27	Фактична адреса виробництва	01013, Київ, Україна, вул. Промислова, 4-Б
28	Сайт	https://atem.com.ua
29	Контактні дані	Приймальна: +380 (44) 520-20-00

Визначення потенційного споживача дозволяє сформувати плановий обсяг випуску продукції за місяцями (за перший рік реалізації) – табл. 5.13.

Таблиця 5.13 – Запланований обсяг продукції

	Січень, 2019	Лютий, 2019	Березень, 2019	Квітень, 2019	Травень, 2019	Червень, 2019	Липень, 2019	Серпень, 2019	Вересень, 2019	Жовтень, 2019	Листопад, 2019	Грудень, 2019
Запланований обсяг, т	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96

Випуск продукції за рік – 1152 т.

5.5 Ціна інноваційної пропозиції на ринку

Таблиця 5.14 – Проектні ціни продажу ідеї, технології, методики, грн

Найменування товару	Планові обсяги продажу		Аналоги, прототипи	
	Кількість, т	Ціна, грн/т	Кількість, т	Ціна, грн/т
Дефлокулянт ТС-8	1152	60 000	Починаючи від 500	50 000-90 000

Ціноутворення – це процес обґрунтування, затвердження та перегляду цін і тарифів, визначення їх рівня, співвідношення та структури. Ціна, яку було встановлено для продажу дефлокулянта ТС-8 становить 60 грн/кг.

Порівняємо ціну за різними методами ціноутворення. Методи ціноутворення, що ґрунтуються на врахуванні витрат називаються витратними. Розглянемо метод повних витрат. Ціна розраховується, виходячи із суми постійних і змінних витрат на одиницю продукції й запланованого прибутку з урахуванням нижнього порогу ціни.

$$Ц = С + П,$$

де Ц – ціна одиниці товару, грн;

С – собівартість одиниці товару, грн;

П – величина прибутку, яку бажає отримати підприємство від реалізації

одиниці товару, грн.

Таблиця 5.15 – Сукупні витрати

Обсяг	1552 т/рік
Заробітна плата із нарахуванням	2 503 440 грн/рік
Витрати оборотних фондів	50 171 416 грн/рік
Амортизація	102 669 грн
Собівартість продукції	52 777 525

Собівартість - всі витрати підприємства на виробництво і реалізацію продукції у грошовому вигляді.

$$ОбЗ = ОбФ + ФОП$$

$$ОбЗ = 50\,171\,416 + 2\,503\,440 = 52\,674\,856 \text{ грн/рік}$$

$$С = А + ОбЗ$$

$$С = 102\,669 + 52\,674\,856 = 52\,777\,525 \text{ грн/рік}$$

Прибуток – це частина виручки від реалізації продукції, яка залишилась на підприємстві після компенсації витрат на виробництво і реалізацію та інших обов’язкових платежів.

Середня ринкова 1т продукції:

$$К = 60\,000 \text{ грн/т};$$

Враховуючи, що частина продукту йде на виробництво власної керамічної плитки, виробництво котрої потребує 400т/рік, то реалізовувати будемо – $1152 - 400 = 752$ т продукту.

Так як плановий випуск продукції 1152т/рік, тому

$$C_{\text{шт}} = \frac{52\,777\,525}{1152} = 45\,814 \frac{\text{грн}}{\text{т}}$$

Річний прибуток підприємства:

$$П = К - С$$

$$П = (752 \text{ т} \cdot 60\,000 \text{ грн}) - (45\,814 \cdot 752) = 10\,667\,872 \text{ грн/рік}$$

Очікуваний прибуток з одиниці продукції: 14 186грн за реалізацію 1т продукту.

Отже, за витратним методом прогнозована ціна продукту становитиме:

$$Ц = С + П = 45814 + 14186 = 60\,000 \text{ грн./т.}$$

Головна перевага даного методу – легкість розрахунків. Проте є недоліки.

По-перше не береться до уваги чинник попиту на товар, а по-друге ціна, порашована за витратним методом практично завжди завищена.

Таблиця 5.16 – Забезпеченість проекту основними засобами

№ з/п	Стаття основних засобів підприємства	Кількість, од.	Вартість, грн.	Термін експлуатації, рік	Амортизація, грн./рік	Норма-ії
Будівля	Приміщення	1	2 000 000	30	66 667	0,033
1	Бункер для запасів сировини	2	20 000	10	2000	0,1
3	Ваговий стрічковий дозатор	4	40 000	8	5000	0,125
4	Змішувач	2	30 000	5	6000	0,2
5	Ємність для змішування	2	6000	5	1200	0,2
6	Пікнометр	1	3000	8	375	0,125
7	Ваги лабораторні	1	8000	5	1600	0,2
8	Десольвер лабораторний	1	10 000	5	2000	0,2
9	Віскозиметр Енглера	1	4000	10	400	0,1
10	рН-метр лабораторний	1	10000	5	2000	0,2
11	Принтер	1	3000	5	600	0,2
12	Чайник	1	800	5	160	0,2
Транспортні засоби			100 000	15	6667	0,067
Виробничий і господарський інвентар			3000	1	3000	1
Нематеріальні активи			25 000	5	5 000	0,2
Σ			2 262 800		102 669	

Приймаємо, що в цеху використовується напруга першого класу. Тариф на електроенергію складає 1,63754 грн/кВт[40]. Виробництво працює 24 години на добу 365 днів.

Для роботи обладнання витрачається 30 000кВт/рік. Тоді вартість електроенергії становитиме:

$$B_{\text{ел}} = 30000 \cdot 1,63754 = 49126 \text{ грн/рік.}$$

Для особистої гігієни працівників в цеху передбачені душові кабінки, туалети та рукомийники. Також передбачено вологе прибирання цеху раз у зміну. Загальна витрата води у рік становить 700 м³/рік, а тариф на воду складає 14,7 грн/м³. Отже, вартість води за рік складатиме:

$$B_{\text{в}} = 700 \cdot 14,7 = 10290 \text{ грн/рік.}$$

Річна витрата сировини з урахуванням запланованого обсягу продукту 1152 т/рік складає:

$$\text{ТПФН} - 921,6 \text{ т /рік}$$

$$\text{Рідке скло} - 230,4 \text{ т/рік}$$

Витрати на сировину на рік :

$$\text{Триполіфосфат натрію} - 921,6 \text{ т} \cdot 50000 \text{ грн} / \text{т} = 46080000 \text{ грн} / \text{рік}$$

$$\text{Рідке скло} - 230,4 \text{ т} \cdot 10000 \text{ грн} / \text{т} = 2304000 \text{ грн} / \text{рік}$$

Сума витрат на сировину :

$$46080000 + 2304000 = 48384000 \text{ грн} / \text{рік}$$

Таблиця 5.17 – Забезпеченість проекту оборотними фондами

Оборотні фонди	Норма витрат на рік,	Ціна, грн
Електроенергія	30000 кВт	49 126
Вода	700 м ³	10 290
Сировина	1152т	48 384 000
Ємності для фасування	1152шт	1 728 000
Всього		50 171 416

Таблиця 5.18 – Заробітна плата робітників підприємства

Посада	Кільк.	З/п на 1 прац., грн	Нарах. на прац., грн	Всього з нарах., грн./міс.
Начальник цеху	1	30 000	6600	36600
Начальник зміни	1	9000	1980	10980
Бухгалтер	1	10 000	2200	12 200
Начальник лабораторії	1	18000	3960	21960
Технолог	2	12000	2640	29280
Лаборант	2	10000	2200	24400
Апаратник для обслуговування технологічного процесу	2	8000	1760	19520
Апаратник фасувальної/завантажувальної машини	2	6000	1320	14640
Прибиральниця	2	5000	1100	12200
Начальник складу	1	8000	1760	9760
Вантажник	2	7000	1540	17080
Разом	17	171 000	27 060	208 620
Разом, 12 міс		2 052 000	324 720	2 503 440

Розглянемо метод точки беззбитковості. Це такий метод, при якому підприємець прагне встановити таку ціну, яка забезпечить йому бажану величину чистого прибутку. Це метод вивчення взаємозв'язку між витратами і доходами при різному рівні виробництва, і саме тому він надзвичайно корисний на стадії підготовки й аналізу майбутнього проекту, а також на стадії його реалізації. Рівень беззбитковості по прибутку досягається при

такому обсязі реалізації, виручки від якого досить для покриття всіх операційних витрат, включаючи амортизацію; рівень беззбитковості по грошовому потоці може бути отриманий, якщо замінити суму зносу основних активів на суму, необхідну для погашення заборгованості.

$$П = Ц - С;$$

$$Ц = С, \text{ звідси } П = 0.$$

Випуск продукції за рік становить 1152 тонни. Залишок продукції, що йде на продаж становить 752т

Знайдемо ціну, за якою необхідно продавати продукцію, щоб вийти на точку беззбитковості.

$$П = Ц_{од} \cdot B - (A + ФОП + ОбФ)$$

Нехай $Ц = x$, тоді:

$$x \cdot 752 - 34452128 = 0$$

$$x = 45814 \text{ грн/т.}$$

Конкурентний метод. Полягає у встановленні ціни на продукт через аналіз і порівняння цін на аналогічний товар у конкурентів. Тобто, ціна на продукт має відповідати існуючому рівню цін на ринку аналогічних товарів.

Ціна конкурентного аналогу – 80 000 грн/т.

Відповідно, ціна нашого стартап проекту за конкурентним методом має становити:

$$Ц_{к.м.} \approx \text{не більше } 80\,000 \text{ грн/т}$$

Параметричний метод

$$Ц_n = \frac{П_n}{П_б} \cdot Ц_б$$

В якості параметру візьмемо коефіцієнт ефективності зменшення вологості: $П_б = 0,4$, $П_n = 0,9$.

Тоді:

$$C_n = \frac{0,9}{0,4} \cdot 30000 = 67\,500 \text{ грн/т}$$

Метод бальної оцінки ціни:

Згідно з таблицею 5.7 бальна оцінка характеристик становить:

Характеристика	Бальна оцінка характеристик		
	Наша продукція	Конкурент «NewLab»	Конкурент «ChemAdd»
Ціна	2	1,6	2
Універсальність	0,3	0,4	0,2
Ступінь зменшення вологості	1,25	0,75	1
Ширина інтервалу дії	0,75	0,6	0,45
Екологічність	0,4	0,2	0,2
Сума	4,7	3,55	3,85

Розрахуємо нашу ціну, порівнюючи з конкурентною компанією «ChemAdd». Тут ціна за одну тонну продукту складає 60 000 грн.

Ціна одного балу складає:

$$P_{16} = \frac{60000}{3,85} = 15\,585 \text{ грн}$$

Тоді ціна нашого виробу:

$$C = 15\,585 \cdot 4,7 = 73\,250 \text{ грн/т}$$

Розрахуємо техніко-економічні показники даного стартапу:

Загальні капіталовкладення:

$$K = \text{ОФ} + \text{ОБЗ} = 2\,262\,800 + 52\,674\,856 = 54\,937\,656 \text{ грн}$$

Рентабельність :

$$P = \frac{\Pi}{C} \cdot 100\% = \frac{10667872}{52777525} \cdot 100\% = 20,2\%$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = \frac{\Pi}{K} \cdot 100\% = \frac{135313500}{189318489,55} \cdot 100\% = 71,47\%$$

Термін повернення капіталовкладень:

$$T_{\text{пов.к.}} = \frac{K}{\Pi} = \frac{54937656}{10667872} = 5,2 \text{ років}$$

Таблиця 5.18 – Техніко-економічні показники проекту

Показники	Одиниця виміру	Числове значення
Річний випуск продукції	т	1152
Чисельність персоналу за списком	осіб	17
Середньорічна чисельність персоналу за списком	осіб	17
Капіталовкладення	грн	54 937 656
	грн/т	47 689
Вартість розробки (собівартість)	грн	52 777 525
	грн/т	45 814
Прибуток	грн/рік	10 667 872
	грн/т	14 186
Рентабельність	%	20,2
Коефіцієнт економічної ефективності	%	29,1
Період повернення капіталовкладень	років	5,2

5.6 Аналіз джерел фінансування стартапу

Джерела фінансування:

1. Запозичені (кредити, інвестиції, гранти, кошти громадських організацій);
2. Власні (гранти).

Розглянемо можливі гранти, які можна отримати. В нашому випадку можна спробувати подати заявку на отримання гранту в програмі COSME. Програма COSME – програма ЄС конкурентоспроможність підприємств малого і середнього бізнесу. Вона заснована Європейським Союзом і покликана сприяти зміцненню конкурентоспроможності та стабільності малих і

середніх підприємств, які здійснюють свою діяльність, як в ЄС, так і в інших країнах світу. Участь у програмі COSME дає можливість українському бізнесу здійснити вихід на зовнішні ринки країн ЄС та інших країн-учасниць програми, реалізувати власні товари та послуги, або придбати їх у іноземних компаній, знайти партнерів та контрагентів.

Наш проект може прийняти участь в конкурсі ЄВРОПЕЙСЬКА МЕРЕЖА ПІДПРИЄМСТВ (EEN). Мета конкурсу: підтримка бізнесу (МСП) у процесі виходу на європейський ринок (пошук партнерів, просування товарів та послуг, інноваційних продуктів та ін.) через реалізацію інформаційно-консультаційних послуг.

Бюджет конкурсу: 57,200 млн. євро (60 контрактів). Покриття видатків проекту 100 %.

В разі неотримання гранту потрібно активізувати запозичені джерела фінансування. Нам необхідна сума 52 777 525 грн для старту виробництва.

Кредити:

1. КУБ (ПриватБанк): сума 500000 грн без застави, термін – 12 міс, щомісячна ставка – 2% на місяць на початкове тіло кредиту.
2. Кредити на розвиток бізнесу та фінансування інвестиційних витрат (Укрексімбанк): сума 500000 грн для маркетингових заходів; під заставу у вигляді нерухомого майна, транспортних засобів та основних засобів виробництва, термін – до 12 місяців, процентна ставка від 17,5 %.
3. Європейський банк реконструкції та розвитку: сума 19500000 грн (в разі відмови ради міста від фінансування нашого виробництва (див. нижче)); сума 9500000 грн (в разі фінансування містом нашого виробництва), термін – 3 роки.

В разі відмови котримсь банком у наданні кредиту можна звернутися до інвесторів. Нині в Інтернеті існують платформи, де можна зареєструвати свій проект та інвестори (в разі зацікавленості) можуть його обрати.

5.7 Розрахунок економічної доцільності впровадження стартап проекту у виробництво

Згідно з матеріального балансу (табл.2.8) для виготовлення 1.5 млн м² плитки на рік потрібно приготувати 49477,52 т шлікеру. Для отримання потрібного ефекту зниження вологості шлікеру до 33% потрібно додавати 0.8% інноваційної суміші коагулянтів від маси шлікеру. Тому річна витрата добавки буде становити :

$$49477,52 \cdot 0,8\% = 395,82 \text{ (т)}$$

Враховуючи можливі втрати при транспортуванні приймаємо витрату добавки 400 т/рік.

Питома собівартість приготування добавки становить 45814 грн/т, тому річна вартість буде:

$$45814 \cdot 400 = 18\,325\,600 \text{ грн/рік}$$

Згідно з тепловим балансом виробництво споживає 2 365 200 м³ газу на рік без впровадження у технологію додавання коагулянту. Тоді враховуючи тариф газу для підприємств 15200 грн/1000м³ [39], то витрати на газ становлять:

$$B_1 = 2365200 \cdot 15,2 = 35\,951\,040 \text{ грн/рік}$$

Згідно з інноваційної частини відомо, що зниження вологості на 15% дає змогу економити 30м³ газу для виготовлення 1 т прес-порошку. Тоді споживання газу за новою технологією буде:

$$2365200 - (30 \cdot 49477,52) = 880874,4 \text{ м}^3$$

Витрата в цьому випадку буде :

$$B_2 = 880874,4 \cdot 15,2 = 13\,388\,880 \text{ грн/рік}$$

Звідси можна зробити висновок, що загальна економія капіталу враховуючи витрати на приготування добавки становить:

$$35951040 - (18325600 + 13388880) = 4\,236\,560 \text{ грн/рік}$$

Тоді собівартість продукту можливо зменшити на $4\,236\,560 / 116\,927\,080 = 3,65\%$. Звідси випливає, що дана інновація це цілком доцільною для впровадження в чинне виробництво.

5.8 Концепція бізнес-моделі проекту та карта бізнес-процесів реалізації проекту

Таблиця 5.19 – Карта бізнес-процесів виконання стартап проекту

Стадія реалізації стартап проекту	Бізнес-процеси	Характеристики		
		Задіяні ресурси	Орієнтовна тривалість процесу	Верхня межа фінансових витрат
Розробка ідеї стартапу(10%)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Розробка ідеї; ➤ Аналіз ринку; ➤ Формування команди; ➤ Перевірка потреб споживача; ➤ Розробка ТЗ ➤ Формування операційних допущень; ➤ Розробка бізнес-плану. 	Інформаційні, людські, засоби пошуку інформації (комп'ютер, підключений до інтернету), фінансові.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 72 год; ➤ 12 год; ➤ 180 год; ➤ 75 год; ➤ 500 год; ➤ 140 год; ➤ 140 год. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 60 тис; ➤ 12 тис; ➤ 55 тис; ➤ 18 тис; ➤ 45 тис; ➤ 150 тис; ➤ 60 тис.
Реалізація ідеї(15%)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Створення ТОВ; ➤ Оформлення, реєстрація торгової марки та штрих-коду; ➤ Заключення договору про намір з банком; ➤ Заклучення договору про намір з виробником; ➤ Заклучення договору про намір з точкою збуту. 	Людські, фінансові.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 165 год; ➤ 165 год; ➤ 18 год; ➤ 18 год; ➤ 18 год. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 20 тис; ➤ 10 тис; ➤ 30 тис; ➤ 30 тис; ➤ 30 тис.
Впровадження у виробництво (80%)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Запуск договорів; ➤ Виготовлення ➤ Контроль якості виробленої продукції. 	Фінансові, людські.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 40 год; ➤ 744 год; ➤ 48 год 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ - ➤ 1 млн 305 тис; ➤ 55 тис;
Масова реалізація	-	-	-	-
Закриття або продаж проекту	Розвиток в інших напрямках	-	-	-

Визначено фактори і елементи бізнес-процесів методом системного аналізу (табл. 5.20).

Таблиця 5.20 – Системний аналіз бізнес-процесів стартапу

Функції	Елементи								
	Розробник ідеї	Команда розробників	Банк	Юрист	Бухгалтер	Маркетолог	Виробник	Реалізатор	Споживач
Розробка ідеї	+								
Аналіз ринку	+					+			
Формування команди	+								
Перевірка потреб споживача	+	+				+			
Розробка ТЗ	+	+							
Формування операційних допущень	+	+			+	+			
Бізнес-план	+	+			+				
Створення ТОВ	+				+				
Оформлення, реєстрація торгової марки та штрих-коду	+	+		+					
Заклучення договору про намір з банком	+		+	+					
Заклучення договору про намір з виробником	+			+			+		
Заклучення договору про намір з точкою збуту	+			+				+	
Запуск договорів	+								
Виготовлення							+		
Контроль якості виробленої продукції		+					+		
Споживче тестування									+

5.9 Оцінка ризиків та страхування розробки

У даному розділі визначені найбільш імовірні ризики, які можуть виникнути при реалізації даного проекту.

Таблиця 5.21 – Оцінка ризиків розробки

Ризики	Коефіцієнт впливу на дохід
1. Комерційні ризики: <ul style="list-style-type: none">- конкуренти з нижчою ціною- відсутність інформації про підприємство- відсутність споживчого попиту на даний вид продукції- необхідність створення системи знижок- страхові витрати	0,85 0,75 0,99 0,25 0,45
2. Організаційні ризики: <ul style="list-style-type: none">- складність із забезпеченням робочої групи кадрами необхідної кваліфікації- проблеми своєчасного постачання матеріально-технічних ресурсів- проблеми з організацією збутової мережі	0,45 0,90 0,90
3. Технічні ризики: <ul style="list-style-type: none">- необхідність конструкторського доопрацювання елементів обладнання в процесі виробництва- необхідність доопрацювання в процесі виробництва технології виготовлення продукції	0,98 0,98
4. Фінансові ризики: <ul style="list-style-type: none">- Інфляція- Ризик неплатоспроможності споживачів	0,98 0,15
5. Форс-мажори	0,4

З метою страхування або усунення зазначених ризиків пропонуються наступні заходи:

Таблиця 5.22 – Заходи для усунення ризиків

Група ризиків	Заходи щодо усунення або попередження
Комерційні	Впровадження знижок на продукцію для оптових покупців
	Створення більш вигідних умов для компаній-покупців у разі тривалої співпраці
	Забезпечення постійного моніторингу над оновленнями продукту
Організаційні	Заохочення кваліфікованих робітників гідною заробітною платою, умовами праці, гнучким графіком роботи та соціальним забезпеченням
	Контроль за всіма етапами виробництва
	Чітке дотримання режимів роботи устаткування
	Своєчасне забезпечення посередників продукцією підприємства
	Ретельний підхід до організації виробництва
Технічні	Придбання обладнання, яке максимально задовольняє потреби виробництва з урахуванням розширення підприємства
	Своєчасна заміна швидкозношуваних деталей обладнання
	Планові ремонти та профілактика обладнання
Фінансові	Закладання прогнозованого росту інфляції у фінансово-економічні розрахунки;
	Чітко прописані умови укладання кредитного договору
	Страхування майна
Форс-мажори	Створення фонду для покриття збитків у разі непередбачуваних ситуацій

ВИСНОВКИ

В даній магістерській дисертації проведено проектування заводу з випуску керамічної глазурованої плитки для підлоги продуктивністю 1,5 млн. м² в рік.

Задана потужність заводу та якість продукції була досягнута завдяки впровадженню в технологічний процес сучасного обладнання. Установка преса PH500XL, сушарки та печі FMS фірми «SACMI» дозволили випускати високоякісну плитку розміром 300x300x8 мм. Виконано дослідження впливу дефлокулянтів різної природи на реологічні властивості шлікеру та вибрано суміш триполіфосфату натрію з рідким склом. В основі прийняття рішення про вибір оптимального дефлокулянта лежав параметр – ефективність-ціна. Було досягнено зниження вологості шлікеру на стадії приготування прес-порошку з 48% до 33%, в порівнянні з традиційною рецептурою приготування шлікеру.

Використання такого високоякісного обладнання та електроліту приведе до підвищення якості продукції, що відповідає міжнародним вимогам і ДСТУ [2], покращення умов праці, економії сировини, палива та енергії, зниження собівартості продукції, що призведе до збільшення прибутку та рентабельності, а значить і до збільшення конкурентоздатності плитки на національному та міжнародному ринку.

В проєкті виконаний розрахунок матеріального балансу виробництва, здійснено вибір сировинних компонентів маси. Зведена таблиця витрат сировинних матеріалів наведена в таблиці 2.8. Проведено вибір і розрахунок технологічного обладнання, представлена технологічна схема виробництва плитки з її описом.

Виконаний тепловий і конструктивний розрахунок печі. Довжина печі 95 метрів, ширина каналу 1,95 метра. Визначено довжину зон печі: зона підігріву – 45,24 метра, зона випалу – 18 метрів, зона охолодження – 31,76

метра. Визначено масу випалених у печі виробів за 1 годину $G_{вип}^{вир} = 4001,34$ кг/год.

Складено тепловий баланс печі у якому враховано всі статті приходу та витрати теплоти. Визначено витрату палива – 270,03 м³/год, та питому витрату палива на одиницю продукції – 2361,01 кДж/кг.

Розроблена схема автоматизації випалу керамічної плитки для підлоги, яка дасть змогу керувати процесом випалу за допомогою приладів без безпосередньої участі людини, що в свою чергу підвищить якість випалу плитки та зменшить кількість браку.

В частині стартап проекту проведено розрахунок собівартості впровадження інновації та її економічна доцільність, період повернення капіталовкладень та коефіцієнт економічної ефективності.

В розділі охорони праці проаналізовані потенційні небезпеки та виробничі шкоди. Всі технологічні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці та пожежної безпеки.

Виконано комплект креслень в кількості 8 шт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Плитки керамічні. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-282:2011.– [2013-01-01].– Київ. : Мінрегіон України, 2012.– (Національний стандарт України).
2. Плитки керамічні.Методи випробув.: ДСТУ Б В.2.7- 283:2011.– [2013-01-01].– Київ. : Мінрегіон України, 2012.– 88 с.– (Національний стандарт України).
3. Гвоздь В. С. Энергозберігаюча технологія виробництва керамічної плитки та порівняльний аналіз зарубіжного та вітчизняного досвіду / В. С. Гвоздь, С. Г. Білик. // Сумський національний аграрний університет. – 2014.
4. Жуков А. Д. Энергосберегающая технология керамической плитки / А. Д. Жуков, Г. И. Горбунов, Н. А. Белаш. // Вестник МГСУ. – 2013.
5. Обзор рынка керамической плитки в Украине [Електронний ресурс] // Международная маркетинговая группа. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.marketing-ua.com/articles.php?articleId=5988>.
6. Вергун Д. Забыли о кирпиче: украинцев приучают к отечественной плитке [Електронний ресурс] / Денис Вергун. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://ubr.ua/market/industrial/zabyli-pro-kirpich-ukraintsev-priuchajut-k-otechestvennoj-plitke-3874630>.
7. Ринок плитки: мода на українське [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: <https://msb.aval.ua/news/?id=25155>.
8. Pishch I. V. The influence of water-reducing admixture on rheological properties of ceramic slips / I. V. Pishch, Y. A. Klimosh, E. V. Gabalov.. // Chemistry and Technology of Inorganic Materials and Substances. – 2013. – С. 101–103.
9. Столярова А. И. Влияние органоминерального модификатора на реологические свойства глинистых суспензий и керамических шликеров / А. И. Столярова, М. Е. Столяров, И. Н. Сенчакова. // Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева. – 2017.

10. Бессмертный В. С. Влияние нового трехкомпонентного органоминерального модификатора на реологические свойства глинистых суспензий и керамических шликеров / В. С. Бессмертный, Н. М. Здоренко. // Научные ведомости. – 2013. – №22.

11. Чивиль В. В. Влияние электролитов на реологические свойства шликеров в производстве керамических плиток типа ГРЕС / В. В. Чивиль. // Секция химической технологии и техники. – 2016. – С. 497–499.

12. Hotza D. Review: aqueous tape casting of ceramic powders / D. Hotza, P. Greil. // Materials science & engineering. – 1995.

13. Labanda J. Improvement of the deflocculating power of polyacrylates in ceramic slips by small additions of quaternary ammonium salts / J. Labanda, J. Llorens. // Powder Technology. – 2005. – №155.

14. Evcin A. Investigation of the effects of different deflocculants on the viscosity of slips / A. Evcin. // Academic Journals. – 2011. – №6.

15. Dondi M. Clays and bodies for ceramic tiles: Reappraisal and technological classification / M. Dondi, M. Raimondo, C. Zanelli. // Applied Clay Science. – 2014.

16. J. Shenefield D. Organic additives and ceramic processing / Daniel J. Shenefield. – New York: Springer Science+Business Media, 1995. – 311 с.

17. Carter C. B. Ceramic Materials: Science and Engineering / C. B. Carter, M. G. Norton., 2013. – 766 с.

18. Кичкайло О. В. Исследование реологических свойств шликеров для получения термостойкой литийалюмосиликатной керамики / О. В. Кичкайло, И. А. Левицкий. – 2016.

19. Гелета О. Л. Мінеральні ресурси України: ГЛИНИ / О. Л. Гелета, А. М. Кічняєв, В. І. Ляшок. // Державний геологічний центр України. – 2011. – №4.

20. Сировина глиниста для виробництва керамічних будівельних матеріалів : ДСТУ Б В.2.7-60-97.– [1997-07-01].– Київ. : Держком-містобудування України, 1997.– 32 с.– (Національний стандарт України).

21. Ионов А. Ю. Основы классификации пресс-порошков для производства строительной керамики / А. Ю. Ионов, Р. А. Яценко. // Международный научный журнал "Символ Науки". – 2017.
22. Гузман И. Я. Практикум по технологии керамики / И. Я. Гузман. – Москва, 2004. – 195 с.
23. Бахталовский И. В. Механическое оборудование керамических заводов / И. В. Бахталовский, В. П. Барыбин, Н. С. Гаврилов. – Москва: Машиностроение, 1982. – 432 с.
24. Сулименко Л. М. Общая технология силикатов / Л. М. Сулименко. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 336 с.
25. Бобкова Н. М. Общая технология силикатов / Н. М. Бобкова, Е. М. Дятлова, Т. С. Куницкая. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. – 288 с.
26. Будников П. П. Химическая технология керамики и огнеупоров / П. П. Будников, В. Л. Балкевич, И. А. Булавин. – Москва, 1972. – 553 с.
27. Гузман И. Я. Химическая технология керамики / И. Я. Гузман. – Москва: ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с.
28. Левченко П. В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности / П. В. Левченко. – Москва: Альянс, 2007. – 366 с.
29. Ралко А.В., Крупа А.А., Племянников Н.Н. Теплотехника, тепловые процессы и агрегаты в технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. – К.: УМКВО, 1993. – 460с.
30. Беляков А. В. Основы проектирования керамических и огнеупорных заводов по курсу: "Оборудование заводов керамической и огнеупорной промышленности и основы проектирования" / А. В. Беляков. // МХТИ. – 1981.
31. Гурьева В. А. Проектирование производства изделий строительной керамики / В. А. Гурьева. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 179 с.
32. Лукінюк М. В. Контроль і керування хіміко-технологічними процесами : У 2 кн. Кн.2 Керування хіміко-технологічними процесами / М. В. Лукінюк. – К.: Політехніка, 2012. – 336 с.

33. Ткачук К.Н. Основи охорони праці: Підручник / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Запарний. – К.: Основа, 2006. – 448 с.
34. Праховнік Н. А. Методичні вказівки до розділу "Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях" в дипломних проектах і роботах для магістрів хіміко-технологічного факультету / Н. А. Праховнік, Ю. О. Полукаров. // КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017.
35. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : ДСН 3.3.6.037-99.– [1999-12-01].– Київ. : Міністерство охорони здоров'я України, 1996.– 34 с.
36. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студентів хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: «Політехніка», 2002. – 28 с.
37. Підлісна О. А. Розроблення стартап-проекту: Рекомендації до виконання економічної частини магістерської дисертації / О. А. Підлісна, Ю. В. Тюленєва. // КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018.
38. Гринчуцький В. І. Економіка підприємства: навч. посібник / В. І. Гринчуцький, Е. Т. Карапетян, Б. В. Погріщук. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 304 с.
39. Постанова КМУ №867 "Про затвердження Положення про покладення спеціальних обов'язків на суб'єктів ринку природного газу для забезпечення загальносуспільних інтересів у процесі функціонування ринку природного газу" : від 19.10.2018р.
40. Постанова НКРЕКП № 538 " Про ринкове формування роздрібних тарифів на електричну енергію, що відпускається для кожного класу споживачів, крім населення, на території України" : за станом на 24.04.2017.
41. Якість газу у листопаді 2018 року по регіонах України [Електронний ресурс] // АТ«Укртрансгаз». – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://utg.ua/utg/media/news/2018/12/gq-2018-11.html>.